RODOLFO GENTILE

ARMAMENTO

NOZIONI TEORICHE PER GLI ALLIEVI PILOTI

ROMA - 1940-XVIII
S. A. POLIGRAFICA ITALIANA
Via della Guardiola, 22

RODOLFO GENTILE

ARMAMENTO

NOZIONI TEORICHE PER GLI ALLIEVI PILOTI

ROMA - 1940-XVIII
S. A. POLIGRAFICA ITALIANA
Via della Guardiola, 22

CAPITOLO I

ESPLOSIVI

GENERALITÀ SUGLI ESPLOSIVI

L'*esplosione* è determinata dal rapidissimo spostamento dell'equilibrio fisico, o fisico-chimico, di un corpo, o sistema di corpi, che si conclude in un grande aumento del volume iniziale. Questo fenomeno può essere determinato, in condizioni normali, o dall'instabilità dell'equilibrio o da cause esterne, quali l'evaporazione di un liquido surriscaldato, l'espansione di gas fortemente compressi, l'innalzarsi della temperatura a valori tali da consentire trasformazioni chimiche ad alta velocità di reazione e formazioni di ingenti quantità di gas.

Gli effetti dell'esplosione sono dovuti alla trasformazione in lavoro meccanico (rottura, deformazione, proiezione e propulsione) dell'energia posseduta dai gas.

L'esplosione può rappresentare un fatto di indole fisica o fisico-chimica, per cui gli esplosivi che l'originano si dividono in *esplosivi fisici* ed *esplosivi chimici*.

Gli *esplosivi fisici* attualmente non hanno applicazione, mentre gli *esplosivi chimici*, che sono numerosissimi e dei quali soltanto, sia pure brevemente, sarà trattato, trovano largo impiego tanto a scopo militare che a scopo industriale.

Gli *esplosivi* sono sostanze che, in determinate circostanze, hanno la capacità di trasformarsi, producendo istantaneamente un grande volume di gas ad elevata temperatura.

La rapida emissione di gas nella decomposizione di una sostanza esplosiva è dovuta ad una *reazione chimica,* cioè ad una *combustione* fra l'ossigeno, elemento comburente, ed uno o più elementi combustibili (carbone, zolfo, idrogeno, ecc.) che sono contenuti nell'esplosivo stesso.

Le sostanze esplosive possono esser solide, liquide, gassose.

Per gli usi militari sono pressochè esclusivamente adoperati gli esplosivi solidi, perchè essi sono di più facile conservazione ed offrono una maggiore praticità di trasporto e di impiego.

Per determinare l'inizio della *reazione chimica* in un esplosivo è necessario si produca un aumento di temperatura in un punto della massa esplosiva. Tale impulso iniziale, che prende il nome di *innescamento*, può essere provocato con l'urto, con lo sfregamento, con la corrente elettrica, con una sorgente di calore ecc.

Gli effetti dell'esplosione dipendono dalla *forza* e dalla *potenza* dell'esplosivo nonchè dalla *durata della reazione esplosiva*.

E' opportuno fissare le seguenti definizioni:

Per *forza* s'intende la *pressione massima, espressa in chilogrammi per* cm^2*, sviluppata dall'unità di peso dell'esplosivo:* dipende dalla quantità, dalla natura e dalla temperatura dei gas svolti.

Per *potenza*, s'intende l'*attitudine che ha un esplosivo a produrre lavoro:* è rappresentata dal lavoro massimo che può fornire l'unità di peso dell'esplosivo, quando i prodotti dell'esplosione vengono fatti espandere fino a pressione e temperatura normali.

Per *durata della reazione esplosiva* s'intende il *tempo impiegato dall'esplosivo a decomporsi completamente*. Tale caratteristica influisce in maniera notevole sugli effetti dell'esplosione, giacchè da essa in parte dipendono la *forza* e la *potenza* dell'esplosivo. Più la reazione è rapida, maggiori sono gli effetti meccanici dell'esplosione, inquantochè si ottengono maggiore pressione e più elevata temperatura dei gas svolti. La *durata della reazione esplosiva* dipende dalla natura e dallo stato fisico dell'esplosivo, dalla pressione e dall'innescamento.

Per *sensibilità* di un esplosivo s'intende l'*attitudine che esso possiede a decomporsi più o meno facilmente in seguito ad un impulso iniziale*.

La *sensibilità* è caratterizzata dall'intensità dell'innescamento che occorre per iniziare la reazione chimica dell'esplosivo che si prende in esame.

Per *stabilità* di un esplosivo s'intende la *tendenza che esso possiede a mantenere inalterata la sua composizione chimica e la sua efficacia balistica.* Questa proprietà è completamente diversa dalla *sensibilità* e può essere di due tipi, come del resto si arguisce dalla stessa definizione: *stabilità chimica* e *stabilità balistica*.

La *stabilità chimica* di un esplosivo può essere diminuita dalla azione del calore, della luce, dell'umidità, e dall'affinità dell'esplosivo e dei suoi elementi con altre sostanze (metalli ecc.). Si può così avere un'alterazione nella composizione chimica, sino a giungere, per il calore che si sviluppa in queste reazioni, ad un'esplosione spontanea.

La *stabilità balistica* di un esplosivo può diminuire a causa dell'azione dell'umidità o di altri fattori, i quali, pur non determinando un'alterazione nella composizione chimica dell'esplosivo, fanno sì che esso perda, in tutto od in parte, la propria efficacia. A volte la instabilità chimica porta di conseguenza anche la instabilità balistica.

CLASSIFICAZIONE DELLE REAZIONI ESPLOSIVE

Un innescamento di uguale intensità, adoperato in esplosivi di specie diversa, può dar luogo a differenti reazioni, a seconda della natura dell'esplosivo e delle condizioni d'ambiente in cui quest'ultimo si trova.

Provocando, ad esempio, la decomposizione di vari esplosivi, con l'accensione a mezzo di un corpo in ignizione, si possono ottenere le seguenti forme di esplosione:

1ª) *Combustione.* — La reazione chimica ha luogo a pressione ordinaria, quasi lentamente, con produzione di fiamma (la balistite, il tritolo ecc., all'aria libera e senza intasamento, bruciano dando luogo ad una reazione del genere).

2ª) *Deflagrazione.* — La reazione chimica ha luogo in uno spazio limitato in maniera che i gas prodotti non si possano liberamente espandere: si ha così un progressivo aumento di pressione e di temperatura, proporzionalmente con il quale cresce la rapidità della reazione, fino a produrre energici effetti meccanici. (La durata della deflagrazione di un Kg. di polvere nera è di circa $\frac{1}{100}$ di secondo).

3ª) *Detonazione.* — La reazione chimica è rapidissima (la durata della detonazione di 1 Kg. di fulmicotone è di circa $\frac{1}{5000}$ di secondo).

La *detonazione* può essere di due tipi:

detonazione semplice, se la trasformazione rapidissima avviene soltanto quando l'esplosivo si decompone in un recipiente chiuso;

detonazione propriamente detta, se la trasformazione è pressochè istantanea sia all'aria aperta sia in recipiente chiuso.

Questi tre diversi aspetti, ai quali può dar luogo la reazione esplosiva, non costituiscono tre fasi ben distinte, proprie di ciascun tipo di esplosivo, ma la reazione chimica può assumere, quasi per ogni esplosivo, una serie di forme progressive che variano dalla combustione alla detonazione.

Oltre alla natura dell'esplosivo, anche le speciali circostanze nelle quali avviene la reazione chimica (densità di caricamento, pressione, resistenza del mezzo, impulso iniziale, intasamento) possono influire sulla rapidità della combustione e quindi sull'aspetto del fenomeno. Ad esempio, mentre la nitroglicerina, il tritolo, il fulmicotone, la balistite ecc., all'aria libera e senza intasamento, danno luogo soltanto ad una *combustione,* detònano invece se la reazione chimica avviene in un recipiente robusto e chiuso o se si ricorre ad un forte innescamento.

Pur tuttavia ogni esplosivo ha una certa tendenza a decomporsi secondo una delle forme di reazione considerate.

CLASSIFICAZIONE DEGLI ESPLOSIVI

Gli esplosivi possono essere raggruppati secondo vari criteri, tenendo conto della loro composizione chimica, della loro violenza, della rapidità della loro reazione esplosiva, del loro impiego.

Adottando come criterio di classificazione l'impiego più comune delle varie sostanze esplosive, tutti gli esplosivi possono raggrupparsi in tre categorie:

1°) — *Esplosivi di lancio.*

2°) — *Esplosivi di scoppio.*

3°) — *Esplosivi detonanti* (o di innescamento).

Esplosivi di lancio. — La forma caratteristica di reazione chimica degli esplosivi di tale categoria è la *deflagrazione.*

Posto l'esplosivo in un recipiente molto resistente (bocca da fuoco) avente una parete spostabile (proietto), la pressione dei gas, che si sviluppano nella deflagrazione, determina il lancio del proietto a grande distanza.

Tali esplosivi sono impiegati essenzialmente come carica di lancio nelle armi da fuoco perchè, data la loro azione graduale, possono imprimere al proietto successivi impulsi, accrescendone la velocità sino alla bocca dell'arma. In considerazione del loro impiego e dello scopo da raggiungere, occorre che gli esplosivi di lancio possano imprimere al proietto notevoli velocità iniziali senza produrre eccessive pressioni.

Esplosivi di scoppio. — La forma caratteristica della loro reazione chimica è la *detonazione semplice:* poichè i gas si sviluppano molto più rapidamente di quanto avviene nella decomposizione degli esplosivi di lancio, si hanno sempre violenti effetti di rottura con proiezione di schegge dei recipienti (involucri).

Tali esplosivi vengono impiegati come carica di scoppio. Per poter produrre notevoli effetti, è necessario abbiano un grande potere dirompente.

Esplosivi detonanti. — La forma caratteristica di reazione chimica degli esplosivi di tale categoria è *la detonazione propriamente detta.* La loro azione è perciò estremamente rapida e produce la frantumazione dei recipienti.

Gli esplosivi detonanti, per la loro azione violenta e per la loro grande sensibilità, sono esclusivamente impiegati, in quantità piccolissime, come mezzo di innescamento per iniziare la reazione chimica degli altri esplosivi.

In relazione al criterio di classificazione sopra accennato, il quadro seguente dà un'idea della suddivisione per categorie dei principali esplosivi di uso militare:

- 1°) Esplosivi di lancio
  - Polveri ordinarie — esempio: polvere nera
  - Polveri infumi a base di
    - *nitroglicerina:* balistite, solenite, cordite, ecc.
    - *nitrocellulosa:* polveri B, esplosivo Dupont, ecc.
- 2°) Esplosivi di scoppio
  - *Nitrici:* fulmicotone, acido picrico, tritolo, dinamiti, gelatine.
  - *Al nitrato di ammonio:* schneiderite, echo.
  - *Al clorato sodico o potassico:* cheddite.
  - *Al perclorato di ammonio:* esplosivo P.
  - *Alla nitroguanidina:* albite.
- 3°) Esplosivi detonanti
  - *Fulminato di mercurio.*
  - *Clorato e perclorato di potassio.*
  - *Azotidrato di piombo.*

ESPLOSIVI DI LANCIO

Gli esplosivi di lancio possono essere costituiti da *polveri ordinarie* o da *polveri infumi.*

1°) Si dicono *polveri ordinarie* quei miscugli esplosivi ottenuti unendo un nitrato, che fornisce ossigeno, con una o più sostanze combustibili.

Il tipo caratteristico di tali miscugli è la *polvere nera.* Le proporzioni degli elementi che la compongono variano a seconda del tipo di polvere che si vuole ottenere. Per la fabbricazione della *polvere nera* si adopera di solito il seguente dosamento: 75 % di salnitro (nitrato di potassio), 15 % di carbone, 10 % di zolfo.

Il primo esplosivo di lancio è stata la *polvere nera,* ora però completamente abbandonata e limitata, nell'impiego bellico, soltanto nelle cariche di scoppio degli shrapnels, in alcuni inneschi, in artifizi di guerra e per alcuni usi speciali. Le cause di questo abbandono vanno ricercate negli inconvenienti propri della *polvere nera,* i più notevoli fra i quali sono: scarso rendimento balistico, elevata igroscopicità, grande produzione di fumo, fiamma, e fecce, forza dilaniatrice relativamente notevole, difficoltà di conservazione e poca regolarità di effetti. Inconvenienti analoghi si presentano anche nel-l'*ammonpulver* (fabbricata in Germania durante la Guerra Mondiale per fronteggiare la deficienza delle materie prime occorrenti alla fabbricazione delle polveri colloidali) a base di nitrato di ammonio e carbone, la quale, se è superiore alla polvere nera, è tuttavia lontana dal realizzare le proprietà delle polveri infumi.

2° Le *polveri infumi,* a differenza delle polveri ordinarie, non producono che scarsissimo fumo. Esse non sono igroscopiche, hanno sufficiente stabilità chimica, richiedono, per esplodere, un conveniente intasamento, costituiscono una massa colloidale avente tutti i caratteri peculiari dei corpi solidi la cui combustione avviene realmente per strati paralleli, hanno ridotto l'inconveniente della vampa nelle bocche da fuoco; infine hanno maggiore energia potenziale della polvere pirica, perchè l'idrogeno sviluppa maggior calore del carbonio, e non producono fecce, perchè tanto l'acido nitrico quanto i componenti organici con i quali è combinato (ossigeno, idrogeno, carbonio puro) si trasformano completamente in sostanze gassose.

Sono impiegate come carica di propulsione nelle artiglierie e nelle armi portatili. Sono tutte a base di nitrocellulosa. In alcune polveri, questa è unita

alla nitroglicerina, e ciò porta a distinguere le polveri infumi in due gruppi:

A) *Polveri alla nitroglicerina,*
B) *Polveri alla nitrocellulosa,*

secondo che contengano rispettivamente *nitrocellulosa e nitroglicerina* o semplicemente *nitrocellulosa.* Daremo una descrizione sommaria di queste due sostanze principali.

Nitrocellulosa. — Si indicano con il nome di *nitrocellulose* le sostanze che derivano dall'azione dell'acido nitrico sulla cellulosa.

Già fin dal 1833, Braconnot aveva osservato che trattando l'amido ed il legno con l'acido nitrico concentrato ed aggiungendo acqua si formava una sostanza facilmente infiammabile. Nel 1838 Pelouze comunicava all'Accademia di Parigi gli stessi risultati, ottenuti trattando sostanze legnose, cotone ecc. con acido nitrico concentrato. Nel 1846 si scopriva che la nitrazione avveniva più facilmente e più completamente, facendo reagire il cotone con una mescolanza di acido nitrico ed acido solforico concentrato. Dopo queste scoperte si cercò di industrializzare il processo di nitrazione, ma le forti esplosioni manifestatesi nelle fabbriche ne sconsigliarono l'ulteriore applicazione. Soltanto nel 1865 Federico Abel riuscì a risolvere il problema, con un processo di lavatura abbondante e sfibratura del cotone nitrato. La fabbricazione delle nitrocellulose ebbe nuovo grande sviluppo dopo che Vieille, nel 1880, gelatinizzando con apposito solvente, ottenne la nitrocellulosa in forma tale da poter essere impiegata come propellente nelle armi da fuoco e dopo che Alfredo Nobel nel 1889, con la scoperta dell'azione gelatinizzante della nitrocellulosa sulla nitroglicerina, apriva la via all'impiego di essa in altre classi di polveri, dette genericamente balistiti e corditi.

A seconda del titolo azotometrico o grado di nitrazione, si ha il *cotone collodio* (titolo da 11,5 a 12,2 %) o il *fulmicotone* (titolo da 13 a 13.4 %). La massima percentuale di azoto teorico contenuto nelle nitrocellulose è del 14,15 %. Questo titolo è però difficilmente raggiungibile e non si ottiene con i procedimenti ordinari di nitrazione. Impiegando miscugli di acido nitrico concentratissimo ad anidride fosforica si hanno titoli del 13,9 %. Recentemente con l'impiego di anidride acetica si sono ottenuti titoli fino al 14,10 % di azoto.

Il *fulmicotone,* o *cotone fulminante,* si ottiene generalmente dalla nitrazione del cotone con una miscela di circa tre parti di acido solforico ed una parte di acido nitrico concentrato. Il *cotone collodio* si ottiene dalla nitrazione del cotone con una miscela di acidi meno concentrati.

Il potere esplosivo è maggiore per le nitrocellulose molto nitrate, minore per quelle poco nitrate e diventa quasi nullo per le nitrocellulose pochissimo nitrate, dette *cotoni friabili.*

Il *fulmicotone* può assorbire l'acqua. Si ha il *fulmicotone secco* ed il *fulmicotone umido;* il primo contiene al massimo il 2 % di acqua, il secondo

ne contiene il 20 %. Il *fulmicotone secco* è sensibile agli urti, ha grande velocità di combustione e grande forza dilaniatrice. Prima della comparsa del tritolo, il *fulmicotone* fu largamente usato per le cariche delle teste dei siluri e delle mine in generale. Esso veniva trasformato in *fulmicotone umido* con l'aggiunta di circa il 20 % di acqua e l'1-2 % di carbonato di calcio: con tale operazione si dava ad esso maggiore stabilità, mentre rimaneva pressochè inalterata la potenza dell'esplosivo.

Il *cotone collodio* è adoperato per la preparazione delle gelatine esplosive, delle gelatine dinamiti e delle polveri infumi.

I *cotoni friabili* trovano impiego per la preparazione del collodio, del celluloide, di alcuni tipi di rayon, di vernici e lacche, di lastre e pellicole fotografiche e cinematografiche.

Nitroglicerina. — E' una sostanza, scoperta nel 1847 dall'italiano Sobrero, ottenuta trattando la glicerina purissima con una miscela solfonitrica (acido solforico ed acido nitrico). Essa è un liquido denso, di colore paglierino, inodoro, di sapore dolce-bruciante e può considerarsi come velenosa per la sua decisa azione dilatatoria dei vasi sanguigni.

E' un esplosivo molto energico e sensibile. Tuttavia occorre sfatare in parte quanto generalmente si è affermato fino ad oggi, nei riguardi della instabilità e dei pericoli nella fabbricazione della nitroglicerina. Nella nitrazione della glicerina si deve porre la massima cura al controllo della purezza delle materie prime impiegate, in modo speciale per quanto riguarda la glicerina.

Molti sinistri, avvenuti durante la lavorazione, sono dovuti alla qualità deficiente delle materie prime impiegate. La glicerina da adoperarsi deve provenire possibilmente da grassi animali, avere una purezza non inferiore al 98 %, essere priva d'acidità e di cloruri.

Anche l'acido nitrico deve essere purissimo. Attualmente viene adoperato quello di sintesi, che migliora molto la possibilità di ottenere alte stabilità della nitroglicerina.

Quanto ai pericoli nella fabbricazione, si può rilevare dalla statistica degli incidenti, messi in rapporto al numero delle fabbriche ed al tonnellaggio della nitroglicerina prodotta, che la fabbricazione è fra le più sicure, sempre che si adoperino le necessarie norme di precauzione che ogni lavorazione di esplosivi esige.

Associando la nitroglicerina a sostanze assorbenti, si ottengono esplosivi che prendono il nome generico di *dinamiti.*

A) *Polveri alla nitroglicerina:*

Balistite. — La *balistite* non è che una dinamite in cui la sostanza assorbente è costituita da *cotone collodio.* Fu preparata per la prima volta ad Avi-

gliana, in Italia, dal Nobel. E' formata per il 50 % di nitroglicerina e per il 50 % di nitrocellulosa (azoto 11,8 ÷ 12,2 %).

Schematicamente la fabbricazione si riassume in un impasto di nitrocellulosa con nitroglicerina, stagionatura della polvere ottenuta, laminazione a caldo della pasta per avere fogli perfettamente gelatinizzati di color giallo più o meno carico, ed infine taglio del prodotto in strisce o piastrelle.

Le cosiddette balistiti attenuate discendono fino ad un tenore di nitroglicerina del 20 % e contengono svariatissime sostanze aggiunte, quali nitrotolueni, nitronaftaline, vaseline ecc. Queste polveri, molto economiche, sono di fabbricazione e studio prettamente italiani e mirano soprattutto a ridurre le corrosioni e le elevate temperature di esplosione delle balistiti ordinarie.

Solenite. — E' una *balistite attenuata* della seguente composizione: nitrocellulosa (cotone collodio e fulmicotone) 61 %; nitroglicerina 36 %; olio minerale 3 %. Ha forma di piccoli tubi (solenoidi), possiede lo stesso colore della balistite, ha meno forza dilaniatrice e meno potenza balistica di quest'ultima, ma sviluppa minor calore e minore azione corrosiva. Si adopera, in quantità di gr. 2,28, come carica di lancio nelle cartucce per armi modello 91.

Cordite. — Ha quasi l'identica composizione della solenite, con un lieve aumento di nitrocellulosa e con sostituzione di vaselina al posto dell'olio. E' gelatinizzata con acetone, che si elimina dopo la lavorazione. Ha maggior potenza della solenite. Può essere confezionata in bacchette piene ed in tubi di diametro ed altezza variabili. Viene impiegata soprattutto nella R. Marina. In Aeronautica, in fili sottili e nella quantità di gr. 2,43, costituisce la carica di lancio di alcune cartucce calibro 7,7.

B) — *Polveri alla nitrocellulosa:*

Polveri B. — Sono costituite unicamente da una miscela di cotone collodio e fulmicotone, impastati con alcool ed etere. Sono meno stabili e dànno risultati balistici meno costanti delle polveri alla nitroglicerina, ma sottopongono le armi a minor logorìo. Richiedono lunga lavorazione.

Esplosivo Dupont. — Pressochè simile alle precedenti polveri B, ha quasi le medesime proprietà.

ESPLOSIVI DI SCOPPIO

Gli esplosivi di scoppio costituiscono le cariche dei proietti, di tutti i tipi di bombe, di tutte le torpedini, che si fanno esplodere prima, dopo, o al momento dell'urto, a mezzo di congegni innescanti a tempo od a percussione. La loro *sensibilità*, cioè la loro maggiore o minore tendenza ad esplodere sotto l'azione di un mezzo innescante, deve essere limitata per ragioni di sicurezza durante le manipolazioni; una *sensibilità* non eccessiva si richiede soprattutto quando tali esplosivi sono destinati ad esser contenuti nei proietti per bocche da fuoco, i quali sopportano un urto notevole, all'inizio del loro movimento, a causa della deflagrazione della carica di lancio. La *sensibilità* va assunta come precipuo valore indicativo della possibilità o meno di servirsi di tali esplosivi per determinati scopi e delle precauzioni da adottare nella loro preparazione, manipolazione, trasporto e conservazione.

La *sensibilità* si valuta provocando l'esplosione delle sostanze in esame: o con l'urto di una massa che cade da un'altezza variabile (saggio all'incudine), o con l'innalzamento graduale della temperatura (determinazione del punto di esplosione), oppure con l'azione dell'innesco detonante più debole possibile.

Perchè possano produrre notevoli effetti, è necessario che gli esplosivi di scoppio abbiano un elevato valore del *potere dirompente*. Una misura attendibile di questa proprietà può essere data dal confronto degli esplosivi, in identiche condizioni di impiego.

Non mancano alcune prove empiriche atte a fornire un'idea del *potere dirompente*. Citeremo quella che consiste nel collocare al fondo di un foro, di dimensioni convenute, praticato in un blocco di piombo, un certo peso di esplosivo confezionato in cartuccia ed innescato con un determinato detonatore; si riempie poi il foro con sabbia secca e si provoca l'accensione. Il foro, per effetto dell'esplosione, subisce una deformazione con conseguente aumento del suo volume. Questo aumento, a parità delle altre condizioni, dà il *potere dirompente* degli esplosivi considerati, messo in rapporto a quello, per esempio, della nitroglicerina.

La tabella seguente riporta il *potere dirompente* di alcuni esplosivi di categoria e natura diverse:

ESPLOSIVO GRAMMI 10	Volume della cavità in cm.^{3}	Potere dirompente
Nitromannite	650	108
Nitroglicerina	600	100
Gelatina esplosiva all'8 % di collodio . . .	520	87
Trimetilentrinitrammina	520	87
Fulmicotone (titolo azotometrico 13)	420	70
Dinamite al Kieselguhr.	350	58
Acido picrico	320	53
Tritolo	300	50
Fulminato di mercurio	150	25
Polvere nera	30	5

Come si è già visto, gli esplosivi di scoppio possono suddividersi in:

A) — *Esplosivi nitrici.*

B) — *Esplosivi al nitrato di ammonio.*

C) — *Esplosivi al clorato sodico o potassico.*

D) — *Esplosivi al perclorato di ammonio.*

E) — *Esplosivi alla nitroguanidina.*

A) — *Esplosivi nitrici:*

Appartengono a questa categoria quegli esplosivi ottenuti trattando con una miscela solfonitrica alcune sostanze organiche, quali, ad esempio, glicerina, cellulosa, fenolo e toluolo. La nitroglicerina, la nitrocellulosa ed il fulmicotone, già descritti come componenti delle polveri infumi, sono degli esplosivi nitrici. Ora accenneremo sommariamente all'*acido picrico*, al *tritolo*, alle *dinamiti* ed alle *gelatine*.

Acido picrico. — Si ottiene dalla nitrazione dell'acido fenico, o fenolo, che si ricava per distillazione frazionata dal catrame. L'*acido picrico*, conosciuto in Italia anche con il nome di *pertite*, presenta eccellenti caratteristiche come potenza e come effetto dirompente, stante la sua velocità di detonazione prossima a 7000 m./sec. Ha color giallo paglia. E' abbastanza sensibile agli urti. L'aggiunta di vaselina o di paraffina ne diminuisce la sensibilità. In-

tacca i metalli, con i quali forma dei sali *(picrati)*, instabili e pericolosissimi; si rende perciò necessario racchiudere l'esplosivo in apposite custodie di cartone o verniciare oppure stagnare (dato che l'acido picrico non forma sali con lo stagno) l'interno dei proietti, prima di effettuarne il caricamento.

Tritolo. — Il *tritolo* o *trotyl* o *trinitrotoluene* si ottiene con una miscela solfonitrica di *toluolo,* il quale si ricava, per distillazione frazionata, dal catrame di carbon fossile.

Si usa distinguere il *tritolo* ad alto punto di fusione, (*tritolo A. P.* - Fusione 79°-81°) quasi puro, dal tritolo a basso punto di fusione (*tritolo B. P.* - Fusione 76°-77°) meno puro e più economico. Il *tritolo* si presenta in forma di cristalli di color giallo chiaro. Può essere preparato in forma di grànuli oppure può venir fuso e compresso, nel qual caso è una massa dura e compatta, a frattura omogenea simile a quella della porcellana. E' un esplosivo stabilissimo, non attacca i metalli, non è igroscopico, ha potere dirompente di poco inferiore all'*acido picrico.* Riscaldato all'aria libera brucia verso i 240°. Per farlo esplodere, è necessario portarlo bruscamente ad una temperatura superiore ai 240°. Si può lavorare con strumenti di ferro ed al tornio.

Per queste proprietà è di facile, sicuro impiego e, potendosi versare fuso nei proietti, è largamente impiegato come carica di scoppio sia in artiglieria che in aeronautica.

Dinamiti e gelatine. — Furono scoperte da Alfredo Nobel. Si ottengono mescolando la nitroglicerina con opportune sostanze.

Le dinamiti si distinguono in *gelatine e pulverulente,* a seconda che le sostanze mescolate con la glicerina abbiano o meno la proprietà di formare con essa un colloide. Le *dinamiti pulverulente* si dividono in *dinamiti a base inerte e dinamiti a base attiva,* secondo che le sostanze mescolate non influiscano od influiscano sul potere esplosivo della nitroglicerina.

B) — *Esplosivi al nitrato di ammonio:*

Gli esplosivi di questo gruppo derivano dal *nitrato di ammonio,* che è un sale ottenuto dall'ammoniaca più acido nitrico.

Gli esplosivi a base di *nitrato di ammonio* hanno grande igroscopicità e non possono essere quindi conservati a lungo. Poichè vanno fabbricati quando se ne prevede l'uso, vengono detti anche di *pronto impiego* e servono a far fronte alla penuria di *tritolo* o di *acido picrico,* i quali, derivando dal catrame di carbon fossile, rappresentano durante la guerra sostanze di non facile fabbricazione per una nazione non ricca di miniere di carbone.

Occorre tuttavia osservare che, se i proietti non vengono caricati direttamente con esplosivi a base di *nitrato di ammonio* ma se, ad esempio, gli esplosivi di tale gruppo vengono rivestiti di una camicia esterna protettiva di *tritolo,* i proietti possono essere conservati per un tempo piuttosto lungo.

Citeremo, fra gli esplosivi di questo gruppo, la *schneiderite* e l'*echo*.

La *schneiderite* si presenta in forma di polvere finissima, di color giallo paglierino, ed è composta dall'87,40 % di *nitrato di ammonio* e dal 12,60 % di *dinitronaftalina*.

L'*echo* si presenta in forma di polvere finissima, di color grigio metallico, ed è una miscela di *nitrato di ammonio, ferrosilicio, alluminio* ed *ipposino* (sterco secco di cavallo).

C) — *Esplosivi al clorato sodico o potassico:*

Gli esplosivi di questo gruppo hanno come base il clorato sodico o potassico, associato a vaselina, paraffina od olio di ricino. Per quanto a base di clorati molto sensibili, questi esplosivi sono di semplice preparazione, hanno un'infiammabilità ridotta, una sensibilità non elevata e sono stabili, densi e poco igroscopici.

Citeremo la *cheddite*, la quale ha la seguente composizione: *clorato di potassio o di sodio* 90 %, *paraffina* 7 %, *vaselina* 3 % e tracce di *nero fumo*.

D) — *Esplosivi al perclorato di ammonio:*

Gli esplosivi di questo gruppo differiscono da quelli del gruppo precedente solo per avere, al posto del clorato sodico o potassico, il *perclorato di ammonio* che conferisce loro una maggiore potenza.

Citeremo l'*esplosivo P*, nel quale del resto parte del *perclorato di ammonio* è sostituito con *nitrato sodico*. L'*esplosivo P* ha la seguente composizione: *perclorato di ammonio* 61 %, *nitrato sodico* 30 %, *paraffina* 8 % *vaselina* 1 %.

E) — *Esplosivi alla nitroguanidina:*

Gli esplosivi di questo gruppo sono costituiti da *nitrati di ammonio, nitroguanidina* e *nitrato di guanidina*.

Citeremo la *albite*, che deve il suo nome al colore bianco, la quale è una sostanza solida che fonde a 120° e si può tornire e segare come un metallo. Analogamente a quanto avviene per il *tritolo*, anche l'*albite* può essere colata direttamente nei proietti.

ESPLOSIVI DETONANTI

Gli *esplosivi detonanti* sono costituiti da sostanze capaci di detonare mediante urto od accensione, mediante micce semplici od elettriche. La loro funzione è quella di determinare la decomposizione degli altri esplosivi. Nelle armi portatili basta una quantità estremamente piccola. Invece, per gl'*inneschi* delle cariche di scoppio, dovendosi ottenere un urto iniziale più forte in rapporto alla minore sensibilità degli esplosivi che costituiscono la carica, necessita una quantità maggiore di *detonante*. Quando si renda necessaria una quantità di *detonante* superiore ad un certo peso, per ragioni di sicurezza, si ricorre ad un innesco primario che agisce su un altro secondario o sussidiario, di sensibilità un po' minore ma che tuttavia moltiplica l'azione dell'onda esplosiva primaria.

Descriveremo sommariamente il *fulminato di mercurio,* il *clorato di potassio* e l'*azotidrato di piombo.*

Fulminato di mercurio: E' il sale mercurico dell'acido fulminico che si ottiene facendo reagire nell'alcool etilico una certa quantità di mercurio già disciolta nell'acido nitrico. Per sicurezza si preparano sempre piccole quantità per volta.

E' di color bianco. Esplode facilmente per urto o sfregamento, soprattutto quando è molto secco. Per riscaldamento esplode a 187°. Ha piccola forza e piccola potenza. Data la sua grande sensibilità, è comunemente usato in quantità non superiore a 3 gr. ed unito ad altre sostanze, come *clorato di potassio* e *solfuro di antimonio.*

Clorato di potassio. — Il *clorato di potassio,* oltre ad essere un buon comburente per l'ossigeno che contiene, è anche un energico esplosivo. Allo stato secco detòna per urto o per sfregamento.

L'*acido solforico* decompone il *clorato di potassio* con sviluppo di gas. Se questo gas si forma in presenza di sostanze organiche, queste si infiammano immediatamente. Tale proprietà viene usata per fare esplodere alcune torpedini.

Il *perclorato di potassio,* contenendo più ossigeno, è più energico del clorato.

Azotidrato di piombo. — E' il sale di piombo dell'acido azotidrico, preparato per doppia decomposizione da un sale solubile di piombo ed azotidrato di sodio.

L'*azotidrato di piombo* è una polvere bianco-cristallina. E' meno sensibile del *fulminato di mercurio*, può esplodere anche se umido, ha proprietà innescanti dieci volte maggiori del *fulminato* ed all'azione del calore detòna sopra i 300°, mentre il *fulminato* detòna sotto i 200°.

Se a ciò si aggiunge il minor prezzo, si comprende come l'*azotidrato* venga oggi largamente impiegato come innesco da solo o in miscela (con *fulminato, tritolo, tetrile,* ecc.) e ci si rende ragione del grande uso fattone dai Tedeschi — i quali del resto difettavano di mercurio — nella guerra mondiale.

AGGRESSIVI CHIMICI

GENERALITA'.

Pur non essendo gli *aggressivi chimici* sostanze esplosive, li abbiamo tuttavia compresi in questo capitolo per comodità di trattazione e per le caratteristiche del loro impiego.

Con il nome di *aggressivi chimici* si indicano numerose sostanze usate a scopo bellico, le quali, se dal punto di vista chimico presentano le caratteristiche più disparate, hanno tutte in comune l'azione nociva agli organismi animali: alcune rendono irrespirabile l'aria, altre sono veri e propri veleni, altri ancora attaccano le mucose degli occhi, del naso o della gola, alcune, infine, hanno azione caustica e vescicatoria sulla pelle.

Il nome di *gas asfissianti,* col quale comunemente si designavano queste sostanze, non è esatto: se tale espressione può essere adatta per indicare il *cloro* ed il *fosgene,* che sono sostanze gassose a temperatura ordinaria ed esercitano azione prevalentemente asfissiante, non è appropriato per indicare altre sostanze le quali, per la maggior parte, sono liquide o solide a temperatura ordinaria.

Non manca, per quanto sporadico, l'impiego nell'antichità di sostanze asfissianti a scopo bellico. A questo proposito citeremo i fumi, fatti con pece e zolfo, che gli Spartani usarono durante la guerra del Peloponneso (429 a. C.). Tuttavia bisogna ritenere che i veri e propri *aggressivi chimici* furono usati per la prima volta nella guerra del 1914-1918.

Il primo impiego risale ai primi mesi del 1915 e fu costituito essenzialmente da nubi di *cloro* che i Tedeschi fecero trasportare dal vento sulle trincee degli avversari.

Alla fine del 1915 comparve il *fosgene.* Nel luglio del 1916 i Francesi usarono per primi l'*acido cianidrico,* da cui si aspettavano grandi effetti e che fu invece una delusione. Nel 1917 comparvero l'*iprite* e le *arsine,* il cui uso fu ancora più esteso nel 1918. Gli Americani studiarono la *lewisite,* ma non poterono usarla perchè venne concluso l'armistizio.

Logicamente, nella nostra breve rassegna sugli aggressivi chimici, accenneremo soltanto a quelle sostanze già note, o perchè effettivamente impiegate nella Guerra Mondiale o perchè comunque divulgate. Nè potrebbero preten-

dersi rivelazioni in tale campo, giacchè l'efficacia di un aggressivo risulta tanto più grande quanto maggiore è la sorpresa, che trova il nemico provvisto di mezzi protettivi insufficienti od addirittura inefficaci rispetto alla nuova sostanza impiegata.

Per dare un'idea di quanto sia difficile la ricerca di nuovi aggressivi di sicura efficacia, è opportuno osservare che durante la Guerra Mondiale furono esaminate circa 4000 sostanze aggressive, delle quali soltanto un numero ridottissimo venne effettivamente impiegato, senza tuttavia ottenere sempre i risultati sperati.

In totale furono impiegate durante la Guerra Mondiale circa 50 sostanze aggressive diverse, alcune lanciate solo per qualche tempo e poi abbandonate, altre il cui impiego venne perfezionato ed esteso.

E' da notarsi che qualche volta furono usate nella Grande Guerra anche alcune sostanze non nocive, ma soltanto puzzolenti, allo scopo di ingannare od impressionare il nemico e stancare i soldati, obbligandoli a tenere la maschera per lungo tempo. Una delle sostanze puzzolenti usate fu il *mercaptano etilico*, il cui odore sgradevole è percettibile anche se tale prodotto è nella quantità di 1/460.000.000 di milligrammo.

Bisogna tener presente che nessuna scoperta vera e propria fu fatta nel campo delle sostanze aggressive. Eccetto la *lewisite*, non conosciuta prima della Guerra Mondiale, tutti gli altri aggressivi usati a scopo bellico erano noti anche prima, ed alcuni erano dei composti che trovavano largo impiego perfino per diversi usi industriali: così, ad esempio, il *cloruro di benzile*, impiegato per la preparazione di molte sostanze coloranti artificiali; il *fosgene*, usato per la preparazione di coloranti e di medicinali; il *cloro*, che aveva ed ha mille applicazioni industriali.

Bisogna quindi notare che la guerra chimica è in gran parte legata ad una sviluppata organizzazione industriale di pace; si eviterà così di improvvisare gl'impianti necessari a produrre le enormi quantità di aggressivi che il nuovo tipo di guerra richiede.

Lo studio dei nuovi aggressivi ha, in ogni modo, carattere segreto, così che l'impiego di nuove sostanze trovi inadeguati i mezzi di difesa adottati.

Se nei primi tempi della Guerra Mondiale gli aggressivi chimici esercitarono effetti morali e materiali notevoli sulle truppe impreparate a difendersi, verso la fine della guerra, quando i mezzi di difesa furono perfezionati, non produssero danni molto gravi. Dalle statistiche americane risulta che dei 270.000 uomini dell'Esercito Americano messi fuori di combattimento, più di 75.000 subirono l'azione dei gas; fra di essi si ebbe soltanto una mortalità del 4 %. Se perciò la guerra chimica sollevò al suo inizio tante grida di protesta e fu definita più atroce delle altre forme di combattimento, si deve oggi riconoscere che essa è forse la meno inumana, perchè con gli *aggressivi* è più facile raggiungere lo scopo di allontanare il soldato dalla linea di combattimento, senza ucciderlo o mutilarlo.

Un *aggressivo chimico*, per trovare redditizio impiego a scopo bellico, deve rispondere ai seguenti requisiti:

a) - deve avere allo stato di vapore un peso specifico superiore a quello dell'aria;

b) - deve diffondersi lentamente nell'atmosfera;

c) - deve reagire difficilmente con l'umidità dell'aria o del terreno;

d) - deve essere di natura chimica tale da potersi difficilmente neutralizzare o trattenere negli apparecchi di difesa antigas;

e) - deve essere facile a prepararsi e non troppo costoso;

f) - deve essere maneggiabile (riempimento dei proiettili, trasporto ecc.) senza troppo pericolo;

g) - deve avere un forte *potere aggressivo*, intendendosi per tale proprietà l'attitudine a produrre *azione irritante* o *azione velenosa.*

Abbandonato, per le difficoltà, per l'incostante rendimento, per i pericoli, il primo sistema di lancio a nubi di gas (emesse nelle prime linee e trasportate dal vento verso il nemico) gli *aggressivi chimici* trovano impiego nei proietti di artiglieria e nelle bombe da aereo.

CLASSIFICAZIONE DEGLI AGGRESSIVI CHIMICI

Le sostanze aggressive possono classificarsi in vari modi, per esempio:

1°) - A seconda della loro azione fisiologica.

2°) - A seconda della loro persistenza sul terreno.

1°) *Classificazione degli aggressivi secondo la loro azione fisiologica.*

Secondo questo criterio si distinguono gli aggressivi in varie categorie:

a) - *Asfissianti* o *soffocanti*, che provocano lesioni più o meno gravi nei polmoni fino a produrre la morte per asfissia (p. es. il *cloro* ed il *fosgene*).

b) - *Lacrimogeni*, che hanno azione predominante sulle mucose degli occhi, provocando lacrimazione ed irritazione tali da impedire la vista per un certo tempo (p. es. la *cloropicrina*). Essi vengono chiamati anche *affaticanti*, perchè costringono a tenere la maschera per lungo tempo, producendo disagio e minore resistenza nelle truppe.

c) - *Starnutatori* o *vomitivi*, che provocano irritazioni specialmente nelle mucose del naso e della gola, producendo anche tosse e vomito (p. es. le *arsine*).

d) - *Tossici*, che hanno vera e propria azione velenosa, attaccando qualche centro funzionale importante dell'organismo (p. es. l'*acido cianidrico*); alcuni agiscono particolarmente sul sistema nervoso, altri attaccano i globuli rossi del sangue, ecc.

e) - *Vescicatori* o *caustici*, che, oltre ad irritare le mucose attaccano anche la pelle, producendo infiammazioni e piaghe (p. es. l'*iprite*).

Questa classificazione non permette tuttavia di suddividere nettamente gli aggressivi in categorie ben distinte, perchè, secondo la concentrazione nella quale essi si trovano nell'atmosfera, possono esercitare azioni molto diverse. Una sostanza che, quando si trova in piccola quantità nell'aria, ha, per esempio, soltanto azione lacrimogena, quando viene respirata in forte quantità può agire anche come asfissiante. Le *arsine*, per es., che in piccola concentrazione sono *vomitivi*, divengono vere sostanze tossiche, a dosi più forti.

Sono state seguite varie vie per misurare l'intensità dell'azione aggressiva delle varie sostanze sull'uomo.

Il Fleury definì come *limite di tollerabilità* di una sostanza « la quantità in peso della sostanza dispersa in un m.^{3} d'aria, allo stato di vapore o di pulviscolo esilissimo, che rende impossibile ed intollerabile ad un uomo normale la permanenza in quell'aria per 1 minuto primo ».

Il Mayer definì come *grado di tossicità* « la concentrazione delle sostanze aeriformi o vaporizzate, espresse in grammi per m.^{3}, necessaria a produrre nelle 48 ore successive la morte dell'uomo che permanga per mezz'ora nell'ambiente intossicato ».

L'Haber comparò il valore tossico degli aggressivi determinando il numero di minuti T occorrenti per provocare la morte degli animali da esperimento, a cominciare dall'istante della introduzione di essi in un'atmosfera contenente una quantità C in milligrammi di sostanza aggressiva vaporizzata per ogni m.^{3}. L'*indice di tossicità Haber* viene espresso con la formula:

$$I = C \times T.$$

Tenendo conto che una parte E della sostanza aggressiva viene espirata senza aver agito sull'organismo, la formula dell'*indice di tossicità Haber* assume in definitiva la forma:

$$I = T' \times (C-E).$$

Bisogna tuttavia riconoscere che nessuna delle vie seguite risolve in modo completo il problema e permette una misura precisa e sicura, applicabile a tutte le sostanze aggressive. E la lacuna appare tanto più grave quando dall'ambiente del laboratorio si passa all'impiego pratico, dove le varie sostanze, per cause varie, possono manifestare un'aggressività diversa e spesso ben lontana dall'indice che loro compete in sede di esperimento.

2°) - *Classificazione degli aggressivi secondo la loro persistenza sul terreno.*

Da questo punto di vista gli aggressivi si possono dividere nei seguenti gruppi:

a) - *Aggressivi fugaci*, sono quelli (come il *cloro*, il *fosgene*, l'*acido cianidrico* ecc.) che, a causa della loro forte tensione di vapore, si diffondono

in breve nell'atmosfera, perdendo presto il grado di concentrazione necessario alla loro azione.

b) - *Aggressivi semipersistenti* (come il *bromoacetone*, la *cloropicrina* ecc.), i vapori dei quali rimangono nell'atmosfera per un tempo non breve nè troppo lungo.

c) - *Aggressivi persistenti*, sono quelli (come l'*iprite*) che si volatilizzano difficilmente e restano quindi lungo tempo nell'aria o sul terreno, rendendo inabitabile anche per molti giorni la zona colpita.

DESCRIZIONE SOMMARIA DI ALCUNI AGGRESSIVI CHIMICI

Fosgene. — Il *fosgene* è il cloruro dell'acido carbonico. Fu ottenuto per la prima volta dal Davy nel 1812, esponendo alla luce solare un miscuglio di ossido di carbonio e cloro: per questa formazione il Davy lo chiamò *fosgene*, cioè generato dalla luce. Si vide poi che la combinazione dell'ossido di carbonio col cloro può avvenire anche senza luce, in presenza di un *catalizzatore* (carbone attivo). I metodi attuali di fabbricazione sono vari.

Il *fosgene*, a temperatura ordinaria, è un gas. Per raffreddamento si può facilmente condensare ed a temperatura più bassa, solidificare. Bolle a 8° circa. Un litro di fosgene gassoso pesa gr. 4,4. Ha odore sgradevole di legno marcito.

E' circa 15 volte più venefico del cloro: si ha la morte respirando per 10 minuti in un'atmosfera che contenga 45 mgr. di *fosgene* per $m.^3$ di aria. Anche a dosi non mortali manifesta azione irritante e soffocante tanto energica da mettere fuori combattimento i colpiti. Può produrre la morte con ritardo; dopo i primi fenomeni di lieve intossicazione, che si calmano quando il colpito si è allontanato dall'atmosfera avvelenata, trascorsa qualche ora, anche un giorno o due, interviene improvvisamente la morte per paralisi cardiaca.

Il *fosgene* viene decomposto dall'acqua.

Fra le sostanze impiegate nelle maschere ed adatte a trattenere il *fosgene*, ricorderemo la *calce sodata* e l'*urotropina;* serve bene allo scopo anche il *carbone attivo.*

Cloropicrina. — La *cloropicrina*, scoperta fin dal 1848, è un liquido incolore, che solidifica a —64°, bolle a 113°; i suoi vapori sono 5,7 volte più pesanti dell'aria. Si prepara facendo agire il cloruro di calce sopra una soluzione satura di acido picrico scaldata a circa 30°. L'acqua non la scioglie e non l'àltera. Benchè attacchi leggermente il ferro ed altri metalli, la *cloropicrina* può essere caricata direttamente nei proiettili senza gravi inconvenienti: meglio è caricarla in recipienti smaltati internamente.

I vapori di *cloropicrina* attaccano fortemente le mucose degli occhi e degli organi respiratori; producono anche irritazione dello stomaco, provocando il vomito.

Secondo le esperienze americane, un uomo è costretto a chiudere gli occhi dopo 30 secondi, quando si trovi in un'atmosfera che contenga 2 parti di *cloropicrina* per un milione di parti di aria.

Oltre le proprietà irritanti, la *cloropicrina* ha anche una velenosità abbastanza notevole: basta respirare per un minuto in un'atmosfera che contenga 2 grammi di *cloropicrina* in un metro cubo di aria per avere la morte.

La *cloropicrina* viene facilmente trattenuta, nelle maschere antigas, dal carbone attivo.

Cloroacetofenone. — Il *cloroacetofenone,* sostanza scoperta nel 1869, è una sostanza solida, a forma di cristalli incolori, che fonde a 59° e bolle a 245°. Ha un processo di preparazione abbastanza complesso.

E' un potentissimo lacrimogeno.

Il *cloroacetofenone* produce i suoi effetti soltanto se è allo stato di estrema suddivisione. Viene perciò impiegato in proiettili forniti di energica carica esplosiva. Può essere incorporato nello stesso esplosivo, giacchè l'esplosione non decompone affatto il *cloroacetofenone.* Può essere inoltre associato con i componenti di alcune *candele fumogene,* le quali, bruciando, determinano vapori di *cloroacetofenone*: tali vapori si condensano nell'aria, dando luogo alla formazione di particelle solide estremamente suddivise.

Le particelle solide di *cloroacetofenone* vengono trattenute, nelle maschere, da strati di cotone.

Il *cloroacetofenone* è esclusivamente un energico lacrimogeno, e non esplica un'azione tossica. Appunto per questo viene utilizzato per esercitare le truppe ad indossare la maschera, senza esporle ai pericoli derivanti dall'impiego di altri aggressivi con proprietà tossiche o caustiche.

Iprite. — L'*iprite,* che allo stato di grande purezza è uno dei più temibili aggressivi chimici, è un liquido oleoso che bolle a 217° e si congela a circa 13°. L'acqua, a temperatura ordinaria, lo decompone assai lentamente.

Lo preparò per la prima volta il Guthrie nel 1860, facendo agire l'*etilene* sul cloruro di zolfo, e ne osservò anche l'azione vescicatoria. Attualmente si impiegano vari sistemi di fabbricazione, ma bisogna osservare a questo proposito che occorre tendere, per quanto possibile, ad ottenere un prodotto allo stato chimicamente puro, per avere un elevato valore di *potere aggressivo.*

Questa sostanza fu chiamata *iprite* dal nome della città di Ypres, nelle cui vicinanze fu lanciata per la prima volta dai Tedeschi nel luglio 1917. Gli Inglesi e gli Americani la chiamarono anche « mustard gas » per il suo odore simile a quello di sénape e di aglio: occorre notare però che allo stato di purezza è quasi inodoro.

L'*iprite* viene lanciata in proiettili o bombe, che, scoppiando, irrorano il terreno. Poichè è molto persistente essa resta per alcuni giorni a bagnare ed infettare tutto ciò con cui viene a contatto.

A causa del suo odore molto debole, non è facile individuare la presenza di essa.

L'*iprite* attacca tutte le cellule con le quali viene in contatto, distruggendole completamente. Non solo agisce sulle mucose ma anche sulla pelle, producendo infiammazioni, vesciche e piaghe. Più violentemente agisce sulle mucose degli occhi e, quando venga respirato il suo vapore, sulle vie polmonari. Se, con la respirazione, i vapori di *iprite* entrano nel circolo sanguigno, distruggono i globuli rossi, producendo rapidamente la morte. L'*iprite* attacca ed attraversa il cuoio ed i normali indumenti.

Nelle maschere antigas, per neutralizzare i vapori di questo aggressivo, si aggiunge al carbone attivo un po' di permanganato. Anche al permanganato (od agli ipocloriti) si ricorre per curare gli uomini colpiti dall'*iprite* o per distruggere l'aggressivo sparso sul terreno.

La difesa contro l'*iprite* liquida, sparsa sul terreno, si può fare con indumenti e con calzature speciali, di tessuto gommato o impermeabilizzato. I vestiti antipritici hanno però il difetto di ostacolare i movimenti di chi li indossa e presentano anche l'inconveniente di impedire la traspirazione.

Lewisite. — La *lewisite* è una sostanza aggressiva costituita da tre *vinilclorarsine,* le quali si formano facendo reagire insieme l'acetilene secco ed il cloruro di arsenico.

Fu scoperta nel 1918 dal Lewis, ufficiale dell'esercito americano, e preparata in grande quantità per la guerra, ma non ebbe impiego per essere intervenuto l'armistizio.

Tutte e tre le *arsine* che la costituiscono sono liquidi insolubili nell'acqua, i quali hanno punti di ebollizione variabili tra i 78° ed i 138°. La prima *arsina* agisce come soffocante, la seconda ha azione starnutatoria, la terza ha effetto vescicante.

La *lewisite,* con notevole esagerazione, venne anche detta *rugiada della morte.* In verità le tre *arsine* sono sostanze dotate di forte potere aggressivo, ma l'azione pratica della *lewisite* è allo stesso livello, se pure non è inferiore, di quella della *iprite.*

MEZZI DI PROTEZIONE

La descrizione dei mezzi protettivi esula dal campo della nostra trattazione. Tuttavia, accenneremo brevemente anche ai mezzi di difesa individuale, allo scopo di completare le cognizioni sin qui acquisite sugli aggressivi.

La *maschera antigas* è costituita da un *facciale* e da una *scatola filtro.*

La difesa esercitata dalla *scatola filtro* contro gli aggressivi chimici può essere considerata suddivisa in tre parti: *parte fisica, parte meccanica, parte chimica.*

La prima parte è affidata al carbone, che assorbe i gas. La seconda agli strati di cotone o di cellulosa, che filtrano l'aria, dalla quale vengono così separate quelle sostanze aggressive che si trovano nell'atmosfera allo stato di minutissime particelle solide. La parte chimica è affidata a sostanze varie, sotto forma di granuli o di soluzioni assorbite da corpi porosi (per es., pomice granulare); di solito tali sostanze hanno carattere ossidante.

A differenza delle *maschere,* con le quali la respirazione avviene impiegando aria continuamente prelevata dall'ambiente e purificata, gli *autoprotettori* (fig. 1) utilizzano sempre la stessa quantità di aria, che rigenerano sottraendole l'anidride carbonica e l'umidità e restituendole l'ossigeno.

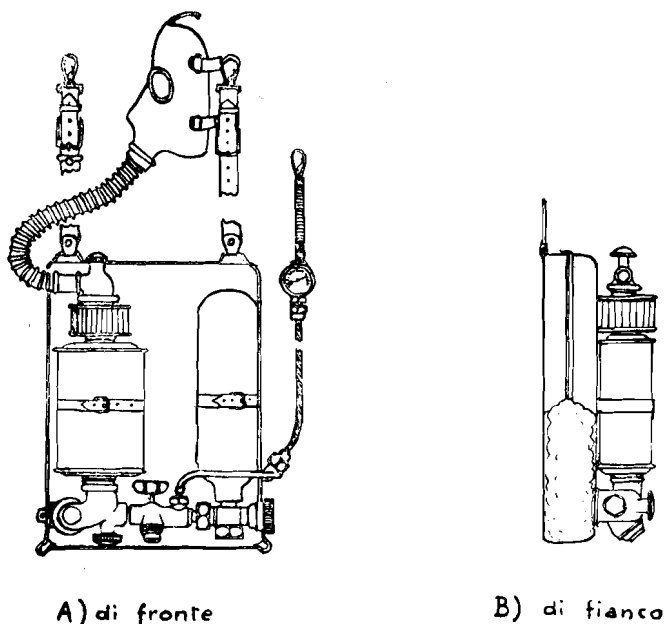



Fig. 1.

L'anidride carbonica e l'umidità vengono sottratte da opportune sostanze. L'ossigeno è di solito contenuto in una bombola (può essere anche sviluppato da speciali sostanze, per azione dell'anidride carbonica).

L'*autoprotettore* viene portato a spalla ed è collegato con gli organi della respirazione a mezzo di un tubo corrugato e di un facciale analogo a quello della *maschera.*

Oltre essere costoso, esso esige nell'impiego speciale attenzione ed ha una durata di funzionamento assai limitata (circa un'ora). Sostituisce però la maschera, contro quelle sostanze non trattenute dalla scatola filtro (es. ossido di carbonio) e quando la concentrazione dell'aggressivo è talmente elevata che l'assorbimento della scatola filtro può risultare insufficiente. Ciò ne spiega l'uso per speciali squadre di soccorso e di bonifica e per le installazioni di mi-

tragliatrici in luoghi chiusi: si tenga infatti presente che 60-70 colpi di mitragliatrice generano in una installazione coperta il 0,10 % di ossido di carbonio, quantità già pericolosa; al di là dei 300 colpi, se non si dà aria al ricovero, l'ossido di carbonio riesce mortale.

La *combinazione antipritica* è un indumento protettivo che copre tutta la persona ed è provvista di un'unica apertura superiore per poterla indossare. E' confezionata in tela in due o più strati, rivestita esternamente di gomma: fra strato e strato di tela è disposta una speciale gelatina. La gelatina è destinata ad esercitare la protezione antipritica, mentre la gomma serve principalmente a proteggere la gelatina dagli agenti atmosferici.

La *combinazione antipritica*, impedendo al corpo il libero contatto con l'aria esterna, menoma considerevolmente la resistenza dell'individuo e può arrivare perfino a determinare dei veri e propri colpi di calore, con tutta la gravità che assume il quadro clinico di tale affezione.

Per questo l'impiego di essa è riservato a speciali squadre. Bisognerà in ogni modo aver cura di non sorpassare mai i limiti previsti come durata nel portare l'indumento e come entità degli sforzi muscolari a combinazione indossata.

FUMOGENI E NEBBIOGENI

Pur non potendosi considerare come aggressivi chimici, non essendo destinati ad agire direttamente sull'organismo umano, accenneremo ora brevemente ai *fumogeni* ed ai *nebbiogeni*, che sono vari composti per produrre cortine di fumo o nubi, atte a mascherare od occultare.

Si chiama *potere oscurante* la capacità che hanno queste sostanze, una volta prodotte le cortine, ad occultare gli oggetti.

Per *potere oscurante* si intende il rendimento del *nebbiogeno* o del *fumogeno*, ed è dato dal numero dei metri cubi di nebbia che un Kg. della sostanza produce, con una visibilità di 1 m. nella nebbia stessa.

Allorchè si dice, ad esempio, che una sostanza ha un *potere oscurante* 2000, si intende che 1 Kg. di essa produce, in un ambiente di 2000 $m.^3$, una opacità tale che la visibilità cessa ad un metro di distanza.

Per eseguire praticamente tale misura, si provoca la formazione della nebbia o del fumo, usando quantità note di sostanze, in un ambiente la cui capacità sia stata esattamente misurata. Nelle pareti è praticata una spia dalla quale si può scorgere una lampada che, a mezzo di un comando situato all'esterno, può essere avvicinata od allontanata a volontà.

I *fumogeni* sono essenzialmente sostanze capaci di restare, per un tempo più o meno lungo, sospese nell'aria in minutissime particelle. Sono generalmente delle miscele costituite di polvere di zinco più una sostanza organica clorurata (p. es. tetracloruro di carbonio), con una sostanza capace di fornire l'ossigeno necessario per la combustione (p. es. nitrato di potassio o cloruro di sodio) e con sostanze inerti destinate ad agglutinare la massa (p. es. farina fos-

sile o carbonato di magnesio etc.). Il cloruro di zinco che si forma nella reazione è quello che costituisce il fumo.

La cortina fumogena ha tendenza a salire.

I *nebbiogeni* sono di solito delle sostanze liquide, le quali, agendo sull'umidità dell'aria, determinano la condensazione del vapore acqueo, provocando formazioni di nebbia. La quantità di nebbia che si forma dipende quindi dall'umidità relativa dell'aria. Le cortine *nebbiogene* hanno tendenza a portarsi verso il basso.

Vi sono poi delle sostanze che pur avendo la proprietà di dare delle masse opache del tipo dei fumi, esplicano anche, sull'umidità atmosferica, azione nebbiogena, provocando minutissime goccioline.

Sono stati largamente impiegati come *nebbiogeni* il *tetracloruro di titanio* ed il *pentacloruro di antimonio*: sono entrambi liquidi, posseggono elevato *potere oscurante*, hanno azione corrosiva sui metalli in genere ed in special modo sul rame (inapprezzabile invece sul ferro non in presenza di umidità); i loro vapori esplicano azione irritante sugli organi respiratori e possono avere anche effetto tossico se respirati in notevole quantità. Lo spruzzo diretto di queste sostanze può produrre delle notevoli irritazioni cutanee.

Attualmente viene preferita la *cloridrina solforica*, che è un liquido limpido incolore o leggermente colorato in bruno, il quale svolge all'aria densi fumi di acido solforico e di acido cloridrico.

Rispetto ad altri liquidi *nebbiogeni*, esso offre notevoli vantaggi:

— E' meno pesante e meno costoso.

— Ha maggiore *potere oscurante* pratico, sia per le reazioni chimiche che si sviluppano quando viene a contatto con l'umidità atmosferica ed in particolare con la superficie dell'acqua, sia perchè nelle installazioni, a parità di portata in peso, può essere impiegato un maggiore quantitativo in volume, con conseguente naturale maggiore rendimento.

— E' di più facile manipolazione.

— Ha vapori meno corrosivi e meno nocivi all'organismo.

— Nei confronti della bonifica dei recipienti, degli organi dell'installazione e di tutti gli utensili di caricamento e d'uso rappresenta un notevole vantaggio poichè i lavaggi si effettuano con acqua e non con liquidi costosi.

(Il Tetracloruro di Carbonio, usato per i lavaggi dei recipienti di altri nebbiogeni, è oltrechè particolarmente costoso anche molto nocivo all'organismo).

— Ha spiccate caratteristiche di conservabilità.

I *nebbiogeni* vengono impiegati da bordo dei velivoli, dai quali sono emessi a mezzo di appositi apparati.

Non è qui il caso di descrivere tali apparati di emissione, i quali sono suscettibili di modificazioni e di perfezionamenti, giacchè non potrebbe riuscire utile se non una trattazione che scendesse, con scrupolosa esattezza, all'esame dei minuti particolari.

Accenneremo soltanto che il serbatoio nebbiogeno viene agganciato all'apparecchio come una comune bomba e può essere abbandonato dal velivolo con lo stesso sistema di sgancio delle bombe, senza dover rompere nel distacco le tubazioni che collegano il serbatoio alle bombole di aria compressa ed alle manette di comando. Il serbatoio deve inoltre consentire la chiusura ermetica, l'interruzione della cortina; deve essere anche assicurata l'impossibilità che fumi, o vapori o liquido nebbiogeno possano giungere, attraverso le tubazioni, nell'interno del velivolo.

La fig. 2 rappresenta uno schema di installazione nebbiogena, con la forma e l'ingombro di una bomba da Kg. 500 senza governale (liquido nebbiogeno contenuto Kg. 205 circa).

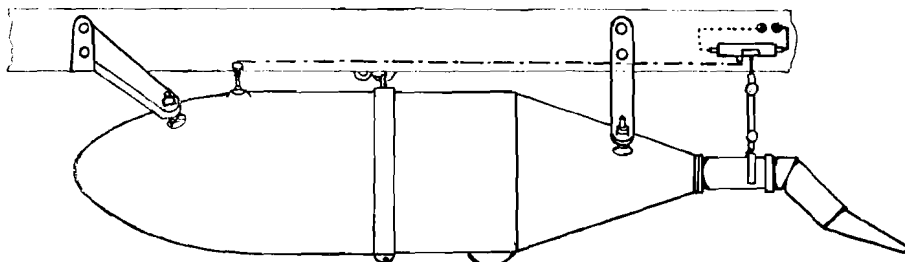



Fig. 2.

Si ritiene utile ricordare che, dati i danni che le sostanze *nebbiogene* potrebbero arrecare, in varie speciali contingenze, al personale ed al materiale, è necessario che gli equipaggi, destinati ad impiegare a bordo dei velivoli gli apparecchi nebbiogeni, abbiano precisa conoscenza delle «istruzioni» relative a tale impiego e conoscano perfettamente il funzionamento di ciascun elemento delle istallazioni e degli apparati.

INCENDIARI

Allo scopo di completare la trattazione, accenneremo brevemente agli *incendiari*.

Merita il primo posto il *fosforo*, che si presenta in diversi stati allotropici, fra cui i più importanti: il *fosforo giallo* ed il *fosforo rosso*. E' molto più infiammabile il *fosforo giallo*.

Citeremo anche il *fosfuro di calcio*, che, se non viene usato come incendiario vero e proprio, trova largo impiego per provocare l'accensione di speciali artifizi da impiegarsi su specchi d'acqua.

La *termite*, miscela di ossido di ferro in polvere ed alluminio granulare, che è usata in varie bombe incendiarie.

La *termite*, bruciando, raggiunge la temperatura di 3000°. Ha però basso *potere calorifico* e risulta quindi molto localizzata nella propria efficacia. E' per questo che nelle bombe a *termite*, oltre costruire l'involucro in *electron* capace esso stesso di bruciare, si aggiunge di solito della nafta, che ha elevato *potere calorifico* e che aumenta notevolmente il raggio dell'azione incendiaria

ARTIFIZI

Prendono il nome di *artifizi* quei particolari manufatti pirici destinati a trasmettere a distanza, secondo un codice in precedenza stabilito, comunicazioni inerenti a particolari esigenze di impiego, oppure quei manufatti pirici destinati ad essere di ausilio ai mezzi bellici.

Si ha quindi una prima distinzione in:

1°) — *Artifizi da segnalazione.*

2°) — *Artifizi per scopi speciali.*

Gli *artifizi da segnalazione,* a seconda degli usi cui sono destinati si dividono in:

a) — *artifizi per segnalazioni interaeree,* impiegati per trasmettere fra aereo ed aereo in volo;

b) — *artifizi per segnalazioni di rotta,* destinati a trasmettere da terra, agli aerei in volo, comunicazioni inerenti alle rotte da seguire od agli atterraggi;

c) — *artifizi per segnalazioni con truppa,* destinati a trasmettere comunicazioni, dagli aerei in volo, alle truppe combattenti sul suolo o sulle navi.

Gli artifizi per scopi speciali, invece, a seconda che servano per determinare l'accensione di cariche, per incendiare, per illuminare il terreno sorvolato, per produrre nubi di fumo, per creare punti di riferimento su specchi d'acqua (per apparecchi che li sorvolino) ecc., si distinguono con il nome riguardante il particolare impiego cui sono destinati, ed avremo, pertanto, artifizi illuminanti, fumogeni ecc. ecc.

Tutti gli *artifizi,* qualunque sia la categoria alla quale appartengono, debbono essere di grande potenzialità, onde riuscire a raggiungere l'intento per il quale vengono impiegati; debbono essere di minimo ingombro, specie quelli destinati a segnalazioni interaeree; debbono offrire sicurezza di funzionamento ed essere, per quanto possibile, di facile impiego e di buona e lunga conservazione.

Tutti questi requisiti non sono facilmente realizzabili. Inoltre, occorre tener presente che, svolgendo gli aerei missioni di guerra sia durante il giorno che durante la notte, è necessario che gli artifizi da segnalazione risultino visibili di giorno e di notte, in maniera da permettere di semplificare i codici ed unificare i tipi.

Dalla stessa classificazione si comprende come i vari artifizi debbano essere notevolmente diversi da tipo a tipo, giacchè, alle differenti proprietà che di volta in volta si richiedono, corrispondono necessariamente caratteristiche diverse (forme, dimensioni, dosamenti, caricamenti ecc.).

CONSERVAZIONE DEGLI ESPLOSIVI

Prendono il nome di *polveriere* quei locali ove sono immagazzinati esplosivi di ogni genere, cariche di lancio, proiettili d'arma da fuoco, bombe, detonanti.

Per la costruzione delle polveriere si usa materiale leggero, evitando le murature in blocchi di pietra. In ogni locale dovranno esservi dei termometri e dei mezzi per estinzione incendi (estintori, sacchi di sabbia, pompe). Le polveriere vanno difese con parafulmini.

Durante la guerra si ricorre più frequentemente, nella zona delle operazioni, a polveriere occasionali, usufruendo di costruzioni facilmente adattabili situate in località alquanto distanti dagli abitati, prossime a corsi d'acqua, accessibili al carreggio. Deve essere oggetto di cura particolare il loro mascheramento dall'osservazione aerea. Quando sia possibile e quando si tratti di conservare esplosivi poco o affatto igroscopici, è molto conveniente ricorrere, in guerra, alle polveriere in caverna, le quali sono di per sè stesse protette dalle offese aeree e, per la loro temperatura costante, garantiscono la migliore conservazione dei materiali depositati.

Esistono appositi regolamenti, i quali prescrivono le norme da seguire nella conservazione degli esplosivi, avuto riguardo delle circostanze e della diversa natura degli esplosivi.

Tutti gli esplosivi, in linea generale, debbono essere preservati sia dall'azione dell'umidità, sia dal calore, sia dai rapidi aumenti e diminuzioni di temperatura; i locali delle polveriere dovranno pertanto essere asciutti e ben riparati dal caldo come dal freddo.

La conoscenza delle caratteristiche degli esplosivi, caratteristiche già precedentemente descritte, può servire di base per una intelligente e razionale conservazione, quando venga accoppiata a quelle ragionevoli precauzioni che la natura stessa delle sostanze considerate richiede.

Le cataste di esplosivi saranno sempre sollevate da terra a mezzo di tavole e distanziate, dalle pareti dei magazzini e fra loro, onde facilitare l'aerazione e permettere la circolazione del personale che deve lavorare nei locali.

Gli esplosivi a base di *nitroglicerina e nitrocellulosa*, che sono soggetti sempre a lenta decomposizione, è necessario tenerli, ancor più delle altre sostanze, ben preservati dall'azione del calore, della luce e dell'umidità, tenendo presente che la temperatura più propizia per la loro buona conservazione è quella compresa fra i 12° ed i 25°. Qualora i suddetti esplosivi abbiano sofferto

l'azione dell'umidità, bisogna arieggiarli. L'arieggiamento va fatto in giornate secche, serene, calme, al coperto o allo scoperto, ma non al sole.

Il *tritolo* può essere conservato in qualunque locale ed anche sotto tettoie aperte, evitando però i raggi diretti del sole.

La *gelatina esplosiva* va conservata in casse di legno non a chiusura ermetica; le casse debbono essere disposte in modo da lasciar circolare liberamente l'aria fra esse, e possibilmente vanno collocate in riservette isolate.

Le norme per la conservazione degli esplosivi a *base di clorati* sono principalmente determinate dalla igroscopicità di queste sostanze e dalla sensibilità ed infiammabilità delle miscele che si formano quando gli esplosivi di questo gruppo vengono a contatto con sostanze organiche, quali il legno, la carta ecc.

La *polvere nera,* data la sua facile infiammabilità, deve essere conservata in locali a parte, lontana da qualsiasi altro esplosivo.

Il *fulminato di mercurio* si conserva in riservette isolate, dentro recipienti di vetro, immerso in una quantità di acqua uguale almeno al suo volume. Per i bisogni giornalieri se ne essicca una piccola quantità in appositi essiccatoi.

Gli *inneschi,* le *capsule fulminanti* ed i *detonatori* vanno sempre conservati in locali a parte, lontani da qualsiasi altro esplosivo.

Nei locali eventualmente umidi, e specialmente ove sono conservati esplosivi molto igroscopici, bisogna porre dei recipienti contenenti del *cloruro di calce* che, essendo avidissimo di acqua, assorbe l'umidità.

In tutti i locali ove si trovano esplosivi, sarà bene che venga spesso rinnovata l'aria; pertanto, nella buona stagione e con tempo asciutto, è bene siano aperte, tre o quattro ore dopo la levata del sole, le finestre, le porte e gli sfiatatoi, richiudendoli due o tre ore prima del tramonto.

Anche per il maneggio, per il trasporto, per la distruzione degli esplosivi, degli aggressivi, dei liquidi speciali, degli artifizi, esistono apposite norme sancite spesso da regolamenti speciali. In ogni modo, anche in queste operazioni, è soprattutto indispensabile tener conto di quegli accorgimenti prudenziali, che, mentre consentono il regolare e razionale svolgimento dei lavori, riescono quasi sempre ad evitare penosi accidenti.

CAPITOLO II

TIRO DI LANCIO

PREMESSA

Il problema del tiro aereo si deve prefiggere per scopo di metter fuori combattimento l'avversario prima che esso possa nuocere. Quindi è necessario fare ogni sforzo per portare l'efficacia del tiro a distanze sempre maggiori.

Le difficoltà per rendere questo tiro sufficientemente preciso non sono nè poche nè lievi, poichè il tempo, lo spazio e la velocità, singolarmente e come fattori di tiro, vi concorrono in modo da renderlo estremamente difficile. Data però l'importanza grandissima del problema ed il fine che si propone, esso merita tutta l'attenzione e tutto l'interessamento da parte del personale navigante.

I fattori dai quali dipende l'esito, sia di un duello aereo, sia, in generale, di un'azione di fuoco sono varii e possono essere raggruppati nel modo seguente:

1°) *Qualità di volo dell'apparecchio*

2°) *Personale navigante*

3°) *Armi ed installazioni di bordo*

4°) *Preparazione scientifica e pratica del personale navigante.*

Per quanto riguarda le qualità di volo, il nostro apparecchio dovrebbe essere particolarmente sicuro, idoneo, manovriero, ed avere una velocità superiore a quella dei velivoli avversari, non solo per poter attaccare il nemico nelle condizioni più favorevoli, ma anche per evitare la lotta, quando le evidenti condizioni di inferiorità o particolari ragioni di impiego lo consigliassero. Ora, questa qualità non è spesso possibile, poichè tutti o quasi gli apparecchi destinati al bombardamento od all'osservazione hanno una velocità inferiore agli apparecchi da caccia.

Il combattente aereo deve possedere le migliori qualità del soldato: sangue freddo, forza di volontà, decisione, intelligenza.

Le armi dovranno essere adatte e sicure.

Ma occorre soprattutto che la preparazione scientifica e pratica del personale navigante sia completa: e questo non si può raggiungere che con una

conoscenza perfetta dei problemi del tiro e dei congegni impiegati, integrata da esercitazioni razionali e progressive.

La sostituzione delle masse all'aereo isolato e l'aumento della potenza di fuoco di ogni singolo apparecchio hanno conferito maggiore importanza al problema del tiro aereo, ed il fattore *qualità di pilotaggio* ha, nei riguardi delle azioni di fuoco, ceduto leggermente terreno al fattore *tiratore.*

E' perciò necessario che il pilota curi personalmente le armi del proprio apparecchio e si occupi della loro conservazione e della loro efficienza, in collaborazione col personale tecnico incaricato. Alla fine di ogni volo egli dovrà riferire a detto personale gli eventuali inconvenienti riscontrati. Prima di partire in volo effettuerà un'accurata verifica delle armi e di tutti gli accessori per il tiro, sistemati a bordo dell'apparecchio. Si assicurerà della perfetta sistemazione e funzionamento dei congegni di puntamento e di sincronizzazione. Particolare importanza assume la preparazione dei nastri e dei caricatori, perchè il maggior numero di inceppamenti è dovuto a difetto di cartucce od a cattiva sistemazione di esse. Per questo le cartucce per aerei sono particolarmente scelte fra quelle delle armi destinate a funzionare a terra. Si rende tuttavia necessaria una seconda ed accurata selezione, per ridurre gli inceppamenti ai soli difetti dovuti alla carica. Prima del caricamento nei nastri e caricatori, le cartucce dovranno essere leggermente lubrificate con olio di oliva.

Poichè la distanza di tiro influisce sull'entità della correzione da apportare nella mira, ha grande importanza, agli effetti di un tiro centrato, l'esatta stima delle distanze. Il personale navigante dovrà quindi addestrarsi ad apprezzare ad occhio queste distanze.

Atterrare sempre con le armi scariche.

GENERALITA'

Disponiamo un'arma da fuoco (fig. 3) per lo sparo. Se $H\ O$ è l'asse dell'arma, il prolungamento $O\ T$ di quest'asse si chiama *linea di tiro.* Il piano orizzontale che passa per il centro O della bocca dell'arma prende il nome di *orizzonte dell'arma;* il piano verticale che contiene la linea di tiro si chiama *piano di tiro.*

L'angolo che la *linea di tiro* forma con *l'orizzonte* prende il nome di *angolo di tiro*: se si prende il piano di tiro come piano della figura, $O\ X$ è la traccia dell'orizzonte e $T\ O\ X$ è l'*angolo di tiro.* Il centro O della bocca dell'arma viene chiamato anche *origine della traiettoria.*

Quando si spara, l'asse si sposta per effetto delle vibrazioni. Sia $O\ H'$ la posizione dell'asse nel momento in cui il proietto abbandona l'arma: il prolungamento $O\ P$ della retta $H'\ O$ si dice *linea di proiezione* e rappresenta la direzione del moto, al momento in cui il proietto esce dalla canna.

L'angolo $P\ O\ X$ che la *linea di proiezione* fa con l'*orizzonte* si chiama *angolo di proiezione* e lo indicheremo con φ. L'angolo $T\ O\ P$ che la *linea*

di tiro forma con la *linea di proiezione* prende il nome di *angolo di rilevamento* e viene indicato con ρ. Questo angolo può essere positivo o negativo, ossia la *linea di proiezione O P* può trovarsi al disopra o al disotto della *linea di tiro O T*: l'*angolo di rilevamento* per una data arma da fuoco è costante.

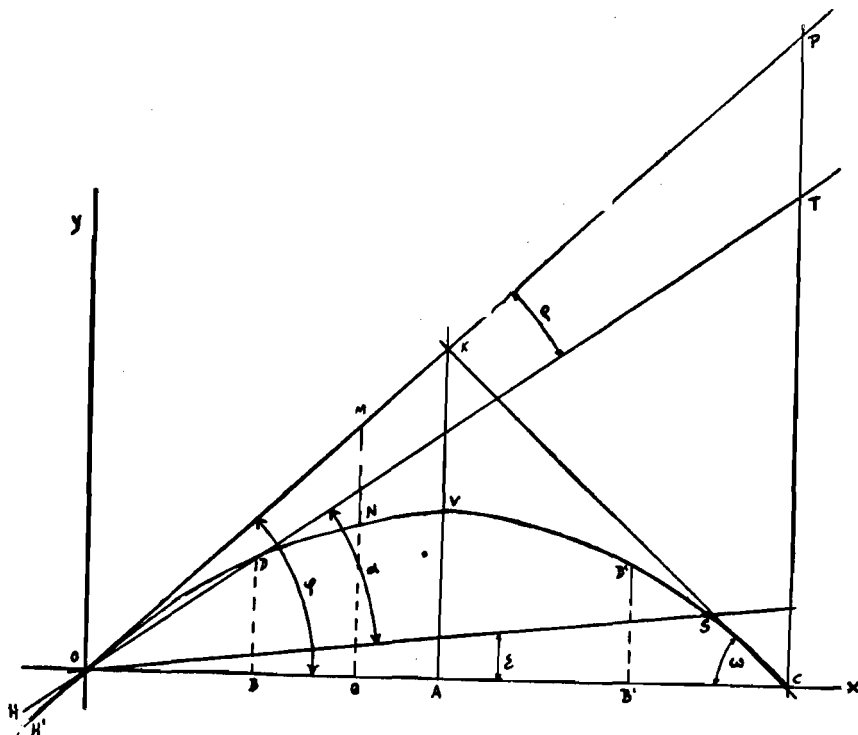



Fig. 3.

Sia *S* il punto che si vuol colpire (*segno*); la retta *O S* prende il nome di *linea di sito* e l'angolo *S O X* si dice *angolo di sito* e lo indicheremo con ε. Quest'angolo sarà positivo o negativo a seconda che il *segno* sia al disopra o al disotto dell'*orizzonte.*

L'angolo che la *linea di tiro O T* forma con la *linea di sito* si chiama *angolo di elevazione* e nella figura viene indicato con α.

La *velocità iniziale* è quella che il proietto possiede nell'istante in cui il suo *centro di gravità* coincide con l'origine della traiettoria.

Le cause che modificano il movimento del proietto fuori dell'arma sono:

a) il peso del proietto;

b) la resistenza del mezzo.

Nel vuoto, dove la resistenza del mezzo sarebbe nulla, il proietto è animato dalla velocità iniziale impressagli dalla carica di lancio e su di esso agisce un'unica forza, che è il peso, costantemente applicata al centro di gravità.

Supponiamo che il proietto sia lanciato nel vuoto: allora, il suo centro di gravità, animato in O della velocità V, percorrerebbe la linea $O\ P$ con velocità costante V e dopo t secondi si troverebbe in un punto M tale che

$$O\,M = V\,t$$

Ma, non appena uscito dall'arma, il proietto è soggetto all'azione della gravità, e perciò esso si troverà dopo il tempo t in un punto N, situato sulla verticale passante per M. L'altezza $M\ N$ si chiama *abbassamento.* Gli abbassamenti vanno rapidamente aumentando, col crescere del tempo t.

Sia V il punto più alto della traiettoria; punto che noi chiameremo *vertice;* sia $V\ A$ la verticale passante per esso: *la traiettoria nel vuoto* presenta le seguenti caratteristiche:

1°) incontra l'orizzonte in un *punto di caduta* C, tale che $A\ C = A\ O$;

2°) *l'angolo di caduta,* ω, è uguale all'angolo di proiezione, φ;

3°) la traiettoria, *parabola,* è una *curva simmetrica* rispetto alla verticale passante per il vertice, cioè il *ramo ascendente* è perfettamente uguale al *ramo discendente;*

4°) la velocità posseduta dal proietto sul punto di caduta, *velocità di caduta,* è uguale alla velocità iniziale;

5°) il proietto percorre il *ramo ascendente* con moto ritardato ed il *ramo discendente* con moto accelerato;

6°) mutando l'*angolo di proiezione* cambia la traiettoria e quindi varia la distanza, detta *gittata,* fra l'*origine* e il *punto di caduta.* La *gittata massima* corrisponde all'angolo di proiezione di 45°.

Nel caso reale, bisogna tener conto anche della resistenza del mezzo: il proiettile, nel muoversi, sposta un gran numero di molecole d'aria e precisamente ne vince la coesione molecolare e l'inerzia, imprimendo loro una certa forza viva; perciò il proietto perde equivalenti valori di energia ed il moto diminuisce di velocità.

Lo spostamento delle molecole dell'aria origina dunque una forza ritardatrice, che viene detta *resistenza dell'aria.*

Quanto maggiore è la *resistenza dell'aria,* tanto più grande sarà la diminuzione di velocità del proietto. In tempi uguali (rispetto al tiro nel vuoto) saranno percorsi spazi minori; perciò, ammettendo per semplicità che rimangano costanti i corrispondenti *abbassamenti* dovuti alla gravità, la traiettoria avrà una forma diversa ed incontrerà l'*orizzonte dell'arma* in un punto C', situato a minor distanza dall'origine di C (fig. 4).

L'esame della figura, dove φ rappresenta l'*angolo di proiezione,* V e V' i vertici rispettivi delle traiettorie nel vuoto e nell'aria, ci dice che la *gittata* e l'*altezza* del tiro nell'aria risultano minori che nel vuoto, e che, a parità

di *angolo di proiezione*, di *velocità iniziale* e di *proietto*, la curvatura della traiettoria nell'aria è maggiore che nel vuoto.

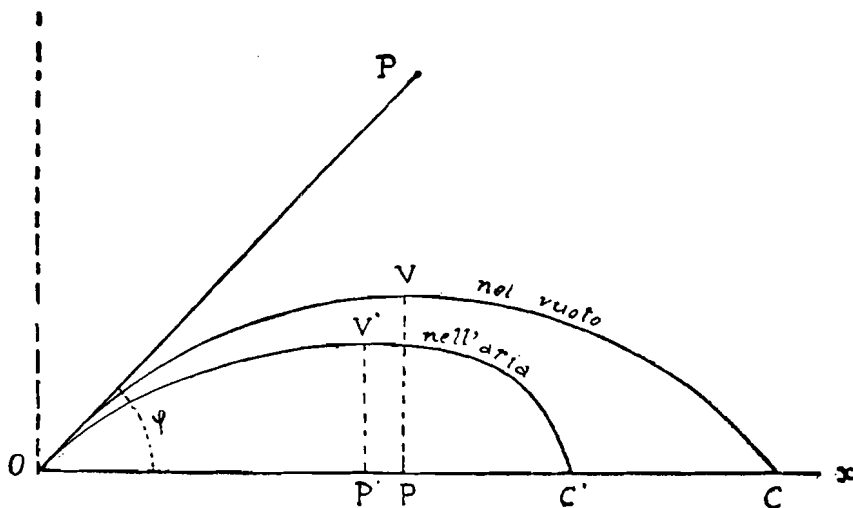



Fig. 4.

Risulta inoltre che:

a) il *ramo ascendente* è meno curvo del *ramo discendente*, cioè la traiettoria non è simmetrica;

b) il *vertice* è più vicino al *punto di caduta* che all'*origine*;

c) l'*angolo di caduta* è maggiore dell'*angolo di proiezione*;

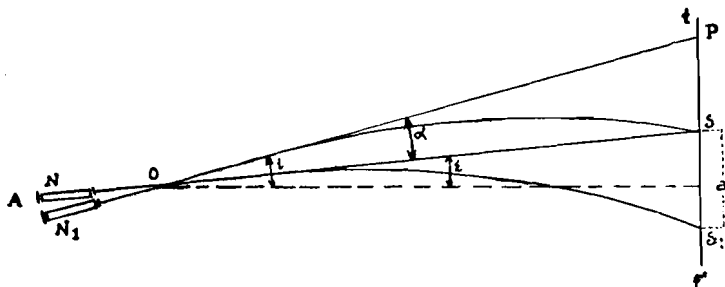



Fig. 5.

d) nell'aria, il punto di velocità minima si trova sul ramo discendente, oltre il *vertice* e tanto più lontano da esso quanto più la traiettoria è tesa (1).

(1) Una traiettoria dicesi tanto più tesa, quanto maggiore è il suo raggio di curvatura, vale a dire quanto più tende alla linea retta (tende cioè alla linea di proiezione).

Alla traiettoria più tesa corrisponde minore *abbassamento*. Ma, poichè *l'abbassamento* è rappresentato dall'espressione $\frac{1}{2}$ g t^2, per avere traiettorie molto tese è necessario che il tempo che il proietto impiega a percorrere la traiettoria sia molto piccolo, ciò che si ottiene con velocità iniziali molto grandi e con ritardazioni piccole (diminuire l'influenza della resistenza dell'aria).

Puntamento. — Puntare un'arma ad un determinato *segno* significa disporre l'arma in modo che la traiettoria descritta dal proietto passi per quel *segno.*

Supponendo la *linea di proiezione* coincidente con la *linea di tiro,* immaginiamo di voler colpire con l'arma A il segno S (fig. 5).

Dirigendo la linea di tiro in S, (secondo quanto abbiamo precedentemente visto nei riguardi dell'*abbassamento* dovuto alla *gravità*) noi colpiremo un punto S_1, situato sotto il segno di una distanza a, uguale all'abbassamento.

Perciò, per colpire S occorre che la *linea di tiro* abbia una direzione N_1 O, diversa da N O e tale da incontrare il piano verticale $t\,t'$, perpendicolare al piano di tiro e passante per il bersaglio, in un punto P, posto al disopra del segno di una quantità uguale all'abbassamento a (1).

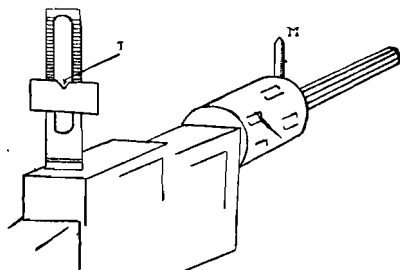



Fig. 6.

In altri termini si fa assumere all'arma un angolo:

$$i = \varepsilon + \alpha$$

dove i è l'*angolo di tiro,* ε l'*angolo di sito* ed α *l'elevazione corrispondente* alla distanza di tiro considerata (giacchè l'abbassamento aumenta con l'aumentare della distanza di tiro).

Non essendo il punto P materializzabile nello spazio, si stabilisce sull'arma una *linea di mira* inclinata rispetto all'asse dell'arma stessa, in modo tale che, quando la *linea di mira* è diretta al segno S, l'arma venga ad essere invece puntata in P.

Ne risulta un *congegno di puntamento,* di cui un tipo è schematicamente rappresentato nella figura 6, costituito da due punti di mira: un punto fisso M, che prende il nome di *mirino,* posto verso la bocca dell'arma, ed un punto mobile T, detto *tacca di mira,* situato verso il tiratore. La *tacca di mira* scorre in un *alzo* graduato, la cui graduazione porta in metri, dal basso verso l'alto, successivi valori delle distanze di tiro, entro i limiti nei quali l'arma può essere proficuamente impiegata. Spostando verticalmente la *tacca di mira,* si fa assumere all'arma l'*angolo di elevazione* corrispondente alla distanza del bersaglio.

(1) Non si è tenuto conto della *derivazione,* cioè dello spostamento della traiettoria dal piano di tiro. Tale spostamento, dovuto alla rotazione del proietto per effetto della rigatura della canna è di scarsissima entità per le armi portatili.

Irregolarità nel tiro. — Nel tiro di più colpi successivi eseguito con una stessa arma contro un determinato bersaglio, adoperando sempre lo stesso alzo e dirigendo il puntamento sempre allo stesso punto, ciascun proietto descrive nell'aria una traiettoria diversa dalle altre e conseguentemente il bersaglio viene colpito sempre in punti diversi.

L'insieme di queste traiettorie costituisce il *fascio delle traiettorie* corrispondente all'alzo impiegato; questo fascio, in un tiro di molti colpi, assume la forma di un cono ricurvo, col vertice alla bocca dell'arma (fig. 7).

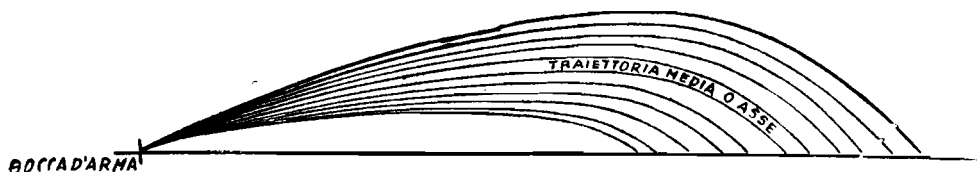



Fig. 7.

Traiettoria media si dice la traiettoria che passa per il centro del fascio e che, pertanto, rappresenta l'asse del fascio stesso.

I fenomeni che, variando da colpo a colpo, producono irregolarità nel tiro dipendono essenzialmente:

dall'arma; dalle munizioni; dalle condizioni atmosferiche; dal tiratore.

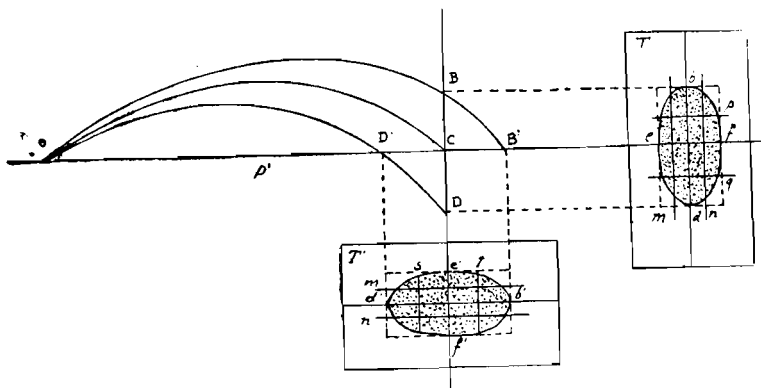



Fig. 8.

Poichè, come si è visto, anzichè aversi una traiettoria unica si ha un *fascio di traiettorie,* l'incontro di questo fascio con un piano darà luogo ad un insieme di punti. Questo insieme di punti prende il nome di *rosa di tiro* ed avremo una *rosa di tiro verticale* o una *rosa di tiro orizzontale* (fig. 8) a seconda che il piano d'incontro con il fascio delle traiettorie sia un piano verticale od orizzontale.

I punti della *rosa di tiro* sono irregolarmente disposti, però tendono a raggrupparsi verso il centro della rosa ed a situarsi con determinata legge, a misura che cresce il numero dei punti: se questo numero è molto grande, la

rosa tende a diventare regolare e simmetrica rispetto a due assi perpendicolari fra loro ed intersecantisi nel punto *C*, detto *centro della rosa di tiro.*

La *rosa verticale* ha forma quasi circolare alle brevi distanze e forma ellittica alle distanze medie e grandi; la *rosa orizzontale* ha sempre forma ellittica, molto allungata nella direzione di tiro.

Immaginiamo di considerare la rosa sul piano verticale *T* e di circoscrivere ad essa un rettangolo, i cui lati *b* e *d* siano orizzontali, *e* ed *f* verticali: questi lati rappresentano le dimensioni della *rosa verticale* e prendono rispettivamente il nome di larghezza (*b*) ed altezza (*e*) della rosa. Analogamente avviene per i lati *b'* ed *e'*, nel piano orizzontale *T'*, che prendono il nome di larghezza e profondità della *rosa orizzontale.*

Si dice *giustezza di tiro* la proprietà che ha un'arma di raggruppare i colpi sparati. Un tiro si dice tanto più giusto, quanto più i colpi si addensano al centro della rosa, ossia quanto più piccole risultano le dimensioni di questa. La giustezza di tiro è ben diversa dalla *precisione di tiro*, la quale risulta invece esclusivamente definita dalla distanza del centro della rosa dal punto mirato e dipende quasi sempre dal tiratore ed, eccezionalmente, da difetti costruttivi, quali, ad esempio, l'imperfetta posizione del mirino o della tacca di mira.

Per *striscia di giustezza* o *striscia del* 50 %, s'intende lo spazio di una rosa di tiro racchiuso fra due rette parallele, — equidistanti da uno degli assi perpendicolari fra loro e passanti per il punto *C* — che contiene il 50 % dei punti colpiti.

Sempre in virtù della particolare legge con la quale i punti tendono a raggrupparsi sulla rosa, una striscia di dimensioni doppie della striscia del 50 % contiene l'82 % dei colpi; quella di dimensioni triple ne contiene il 96 %; quella di dimensioni quadruple li contiene tutti.

La metà altezza e la metà larghezza della rosa prendono rispettivamente il nome di *dispersione verticale* e *dispersione trasversale* del tiro.

PUNTAMENTO NEL TIRO DI LANCIO DAL VELIVOLO

Il tiro di un velivolo è caratterizzato principalmente:

a) dalla grande mobilità del tiratore, o del tiratore e del bersaglio ad un tempo;

b) dalle piccole distanze di tiro (condizione necessaria per aumentare le probabilità di colpire);

c) dalla brevissima durata degli scontri, che porta come conseguenza un tiro a raffiche.

Le brevi distanze di combattimento (da 50 a 500 metri al massimo) e le elevate velocità iniziali (oltre 750 m/s) dei proiettili delle mitragliatrici permettono di considerare rettilineo il primo tratto della traiettoria e quindi, con una certa approssimazione, autorizzano a trascurare la correzione d'alzo.

Però, sparando da un velivolo in moto con l'arma puntata secondo la linea di mira naturale, non colpiremmo il bersaglio perchè la pallottola, per effetto della velocità del velivolo sul quale è installata l'arma, viene spostata dal piano di tiro e deviata verso la direzione di marcia dell'aereo, dando luogo ad un errore nel tiro, detto *errore tiratore*. (Questo errore è uguale a zero solo nel caso in cui la linea di tiro coincida colla rotta dell'aereo tiratore).

Se il bersaglio è costituito da un altro velivolo, anch'esso in moto, ne risulta logicamente, per effetto della velocità dell'apparecchio avversario, un secondo errore, detto *errore bersaglio*. (Esso è uguale a zero nel solo caso in cui la linea di tiro coincida colla rotta dell'aereo bersaglio).

Per colpire il bersaglio occorrerà tener conto, nel puntamento dell'arma, dei detti errori. Sarà quindi necessario stabilire nell'arma una *linea di mira corretta*, tale che, dirigendo questa linea di mira al bersaglio, l'arma assuma la giusta posizione di tiro.

Detta linea di mira si ottiene mediante spostamenti della tacca di mira e del mirino, che vengono allora chiamati *tacca corretta e mirino corretto*.

I congegni di puntamento prevedono per la *correzione tiratore* lo spostamento del mirino e per la *correzione bersaglio* lo spostamento della tacca di mira.

Nell'esame di queste correzioni, trascureremo il vento, la deriva, la diversità degli strati atmosferici che il proiettile attraversa: tutte cause queste che influiscono sul tiro, ma che sono compensate dalla *rosa* delle mitragliatrici.

ERRORE E CORREZIONE RELATIVI ALLA VELOCITA' PROPRIA.

Si supponga che in A (fig. 9) si trovi l'arma mobile, animata da velocità V_a, ed in B il bersaglio fermo.

Se con la linea di mira naturale si punta in B e si fa partire il colpo, il proiettile, uscendo dalla bocca dell'arma, sarà soggetto a due velocità: alla velocità iniziale V_0, diretta all'incirca secondo l'asse dell'arma, ed alla velocità del velivolo V_a. Il proiettile si dirigerà quindi secondo V'_o, risultante di V_o e V_a.

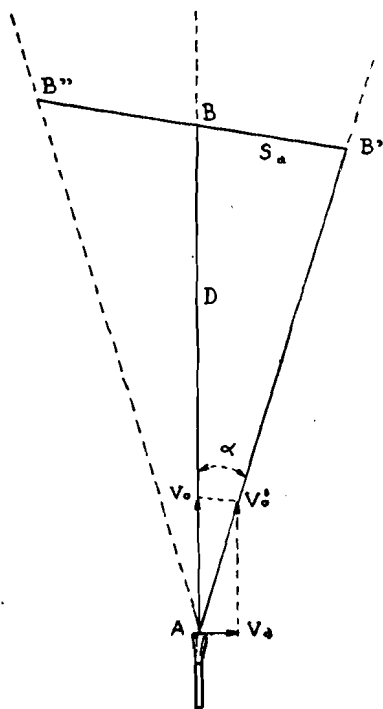
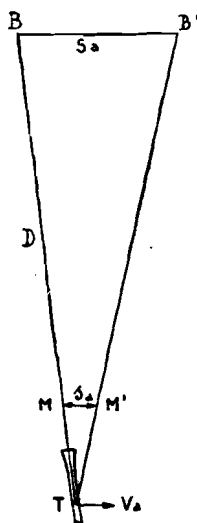



Fig. 9. Fig. 10.

Il proiettile colpirà il punto B', spostato rispetto a B dell'ampiezza dell'angolo α, giacchè noi, per semplicità, facciamo due ipotesi prossime al vero, cioè:

1°) che il tempo impiegato dal proietto, dotato della velocità V_o, a percorrere il tratto AB sia uguale a quello impiegato dal medesimo proietto, dotato della velocità V'_o, a percorrere il tratto AB';

2°) che il centro di gravità del proietto resti sempre nel piano che contiene la V'_o.

Per colpire B sarà quindi necessario mirare a un punto B'' diverso da B e situato su una direzione AB'' tale che la risultante di V_0 (diretta questa

volta secondo AB'') e di V_a sia diretta a B. Per rendere ancora più semplice l'interpretazione della figura, possiamo anche dire che per colpire B' bisogna puntare in B, intendendo con B' il punto posto sul prolungamento di V'_o e sulla parallela, passante per B, alla V_a.

Consideriamo il triangolo $A\,B\,B'$ e il triangolo della velocità $V_o\;V_a\;V'_o$.

Se $S_a = B\;B'$ è l'errore lineare corrispondente all'errore angolare α, poichè quei due triangoli sono simili si avrà:

$$\frac{S_a}{D} = \frac{V_a}{V_o} \quad \text{da cui} \qquad S_a = \frac{V_a\,D}{V_o} = D\,\frac{V_a}{V_o} \tag{1}$$

cioè: «l'errore lineare è direttamente proporzionale alla distanza di tiro ed alla velocità dell'aereo, mentre è inversamente proporzionale alla velocità iniziale del proietto».

La linea di mira corretta si determina spostando il mirino.

Nella figura 10, T e M rappresentino tacca naturale e mirino naturale.

Condotta da M la parallela a V_a, sarà M' la posizione del mirino corretto corrispondente alla velocità V_a e al suo orientamento rispetto alla direzione del bersaglio TB'.

Se L è la *lunghezza della linea di mira naturale*, ossia del segmento TM, ed s_a è la lunghezza del *vettore di correzione*, dalla similitudine dei triangoli TBB' e TMM' si ricava:

$$\frac{s_a}{L} = \frac{S_a}{D} \quad \text{ossia}$$

$$s_a = \frac{S_a\,L}{D} = \frac{L}{D}\,S_a \quad \text{e sostituendo a } S_a \textit{ l'espressione} \quad (1):$$

$$s_a = \frac{L}{D}\,D\,\frac{V_a}{V_o} \quad \text{da cui eliminando } D \text{ si ha}$$

$$s_a = \frac{V_a}{V_o}\,L \tag{2}$$

Si vede dunque che s_a è indipendente dalla distanza di tiro D ed è proporzionale alla velocità V_a del tiratore.

Occorrerebbe pertanto che il segmento MM', cioè il *vettore di correzione*, potesse orientarsi parallelamente a V_a (ossia lungo la rotta del tiratore) e variare di lunghezza proporzionalmente alla velocità dell'aereo.

ERRORE E CORREZIONE RELATIVI ALLA VELOCITA' DELL'AVVERSARIO.

Supponiamo ora che l'arma sia fissata nel punto A, fermo (fig. 11) e che si voglia sparare contro un velivolo che si muova secondo la direzione indicata dalla freccia, con la velocità V_b.

Se puntiamo al bersaglio con la linea di mira naturale dell'arma e spariamo quando il bersaglio si trova nel punto *B*, nel tempo, *t*, che la pallottola impiega a percorrere la distanza *AB*, l'apparecchio avversario, animato di velocità V_b, avrà percorso uno spazio $S_b = V_b\, t$, e nell'istante in cui la pallottola giungerà in *B*, l'apparecchio si troverà in *B'*.

L'errore che avremo commesso sarà quindi rappresentato, linearmente, da $S_b = BB'$ e, angolarmente, da β.

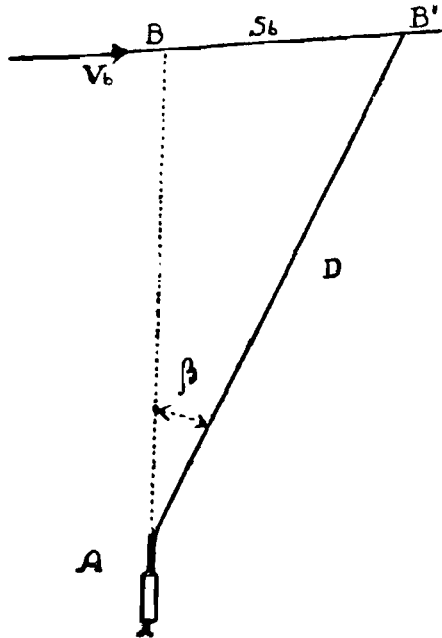
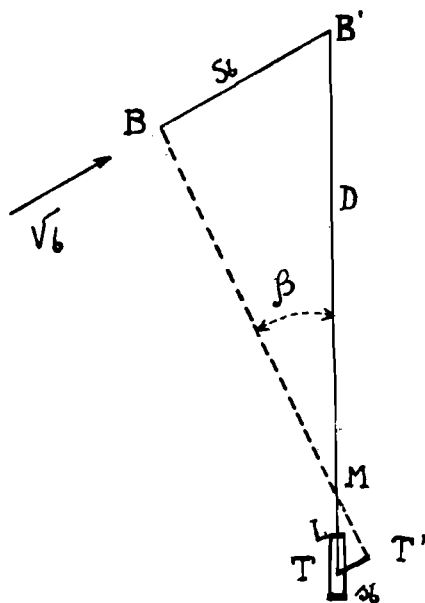



Fig. 11. Fig. 12.

Perciò, per colpire nel segno, dovremo invece dirigere l'arma ad un punto situato avanti e sulla rotta del bersaglio, e da questo distante di una quantità uguale all'errore accennato. Ciò si ottiene stabilendo sull'arma una *linea di mira corretta,* formante con quella naturale l'angolo β in modo che, puntando contro il velivolo nemico, l'arma risulti spostata nella quantità voluta e diretta effettivamente in *B'*. Tale *linea di mira corretta* viene determinata agendo sulla *tacca di mira.*

Sia *D* la distanza di tiro *AB'*, V_m la velocità media del proiettile, mentre percorre lo spazio *D* e *t* il tempo impiegato a percorrerlo. L'errore lineare S_b sarà dato dalle seguenti relazioni:

$$S_b = V_b\, t$$
$$D = V_m\, t$$

dividendo membro a membro resta eliminato *t* e si ha:

$$\frac{S_b}{D} = \frac{V_b}{V_m}\text{, ossia } S_b = V_b \frac{D}{V_m} \qquad (3)$$

e, considerando V_m costante per le brevi distanze di tiro, risulta che *l'errore lineare* è direttamente proporzionale alla distanza di tiro ed alla velocità del bersaglio.

Consideriamo ora la figura 12.

Dalla *tacca naturale T* tiriamo la parallela a BB'; questa incontrerà la MB nel punto T' che rappresenta una posizione della tacca, corretta per la *velocità* V_b *e per la direzione di volo del velivolo avversario.*

Essendo simili i triangoli MTT' e MBB' si ricava:

$$S_b : s_b = D : L \quad \text{ossia}$$

$$s_b = S_b \frac{L}{D}$$

e sostituendo in questa l'espressione (3) di S_b, si ottiene:

$$s_b = V_b \frac{D}{V_m} \cdot \frac{L}{D} \text{ da cui:} \qquad s_b = L \cdot \frac{V_b}{V_m} \tag{4}$$

ossia, considerando costante V_m, la lunghezza del vettore di correzione è proporzionale alla velocità del velivolo avversario ed alla lunghezza della linea di mira.

Sarebbe quindi necessario un vettore di correzione orientato parallelamente alla rotta del velivolo nemico e di lunghezza proporzionale alla velocità di esso.

CORREZIONE SIMULTANEA DEI DUE ERRORI.

Nella generalità dei casi, tanto l'arma quanto il bersaglio avranno una propria velocità. Occorrerà quindi eseguire simultaneamente le due correzioni.

In pratica (fig. 13), si adotta il *puntamento a doppia visuale* e, per correggere l'errore dovuto alla velocità avversaria, si orienta il vettore non nello stesso senso di questa velocità, ma in senso contrario.

Supponiamo che l'aeroplano nemico sia in B e si sposti in direzione, ad es., normale alla nostra linea di tiro. Sia T la posizione della tacca di mira naturale, M' la posizione del mirino corretto (che per semplicità supponiamo sull'asse dell'arma, come avviene quando si spara nella propria direzione di marcia); sia T' la tacca di mira corretta, per quella data velocità e direzione avversaria, e β il corrispondente angolo di correzione.

Anzichè disporre l'occhio sulla linea di mira $T'M'$ e con essa puntare al bersaglio, poniamo l'occhio in O, sull'allineamento TM', ad una distanza da T uguale alla lunghezza della linea di mira TM'.

Orientiamo il vettore di correzione s_b, anzichè nella stessa direzione e senso del moto avversario, in senso opposto: la tacca di mira corretta risulterà allora in T''.

Come si vede nella figura, l'angolo che la nuova linea di mira corretta OT'' fa con la linea di mira naturale è uguale all'angolo β e perciò, collimando con essa al bersaglio B, l'arma risulterà ugualmente spostata della quantità necessaria per correggere l'errore dovuto alla velocità avversaria.

Fig. 13.

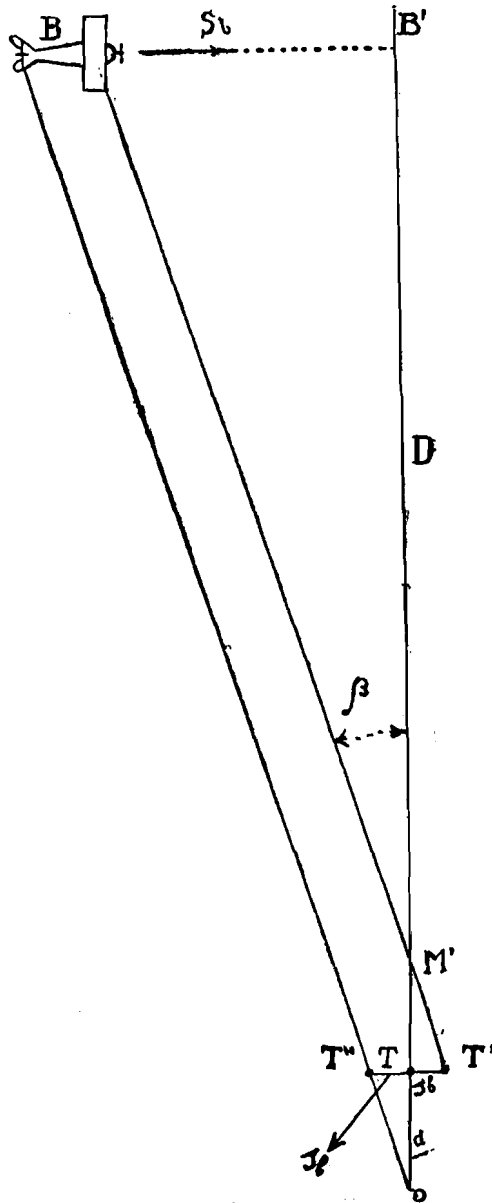
CONGEGNI DI PUNTAMENTO.

Le armi, sugli aerei, possono essere ad *istallazione fissa* ed a *istallazione mobile*. Le armi ad *istallazione fissa* vengono manovrate direttamente dal pilota e sono disposte parallelamente all'asse longitudinale del velivolo, in numero di una o più. Esse sono perfettamente solidali con l'apparecchio ed il puntamento avviene dirigendo la prua del velivolo contro il nemico. Le armi ad *installazione mobile* possono essere puntate e manovrate come a terra: esse batteranno settori tanto più ampi, quanto più adatta e più felice sarà stata la scelta della loro postazione.

Nelle *armi ad istallazione fissa*, essendo evidentemente nullo l'errore dovuto alla velocità propria, bisognerà effettuare solo la correzione resa necessaria dalla velocità dell'avversario. Nelle *armi ad istallazione mobile* si dovranno correggere entrambi gli errori.

Avremo dunque due diversi tipi di correttori:

a) congegno di puntamento per armi mobili;

b) congegno di puntamento per armi fisse.

CONGEGNO DI PUNTAMENTO PER ARMI MOBILI.

Questo tipo di correttore è composto di un *mirino orientabile* e di una *tacca di mira* (costituita da un anello montato su un'asta).

Il correttore della velocità propria o *mirino orientabile* è rappresentato nella fig. 14.

Il correttore è paragonabile, nel suo movimento composto, ad un sistema cardanico. Infatti (fig. 15) la parte mobile, costituita dal mirino (11), può orientarsi nello spazio in modo da poter occupare col suo centro tutte le posizioni di una superficie sferica avente per raggio la distanza fra il centro del mirino (11) ed il centro dell'anello interno (3).

Fig. 14.

Il correttore è composto di due organi mobili che sono:

a) l'anello interno (3) con i suoi complementi;

b) l'archetto (10) con le altre sue parti solidali.

a) L'anello interno (3) ha la possibilità di ruotare nel suo piano entro l'anello esterno (1), il quale, mediante la sua appendice (2), può essere calettato da un supporto (7) rigido con la canna dell'arma e posto nella parte più prossima alla bocca di sparo. La rotazione dolce è assicurata da un congruo numero di sfere (6) interposte fra i due anelli e introdottevi attraverso un foro dell'appendice (2) chiuso poi dal tappo fissato al supporto (7). I due anelli costituiscono così nel loro complesso una specie di cuscinetto a sfere. Solidali con l'anello interno (3) sono due alette inclinate (4) la cui inclinazione le fa convergere verso il centro *C* dell'anello. Il peso di queste due alette crea un

momento rispetto al centro *C*, il quale viene annullato con opportuni alleggerimenti praticati sul semicerchio a cui sono fissate le alette, in modo che l'anello interno (3) risulti in equilibrio indifferente rispetto all'asse passante per *C* e normale al piano dell'anello.

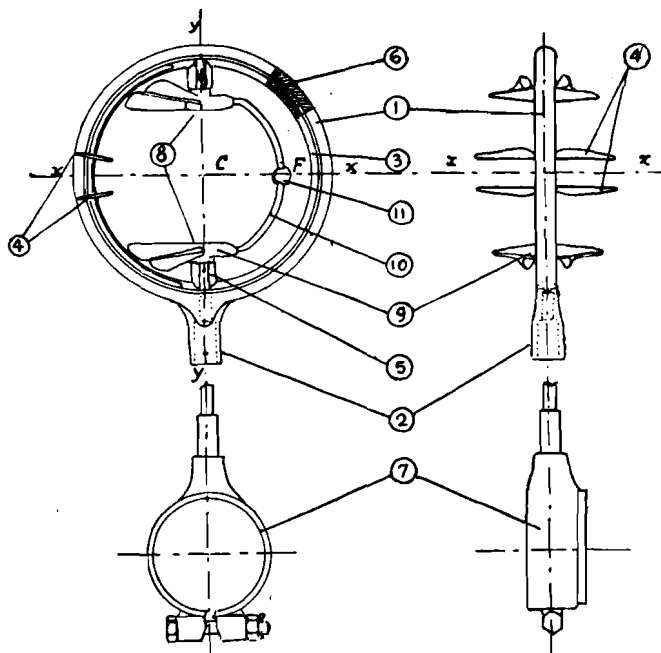



Fig. 15.

Sempre solidali con l'anello (3) sono due appendici (5), poste in posizione simmetrica rispetto all'asse $x\,x$ e quindi rispetto alle alette (4), poste una per parte ad ugual distanza dall'asse stesso. Risulta quindi che l'asse $y\,y$ delle due appendici (5) è normale all'asse $x\,x$.

b) L'archetto (10) porta solidali il mirino (11) e gl'impennaggi (9). Il mirino (11) giace col suo centro sull'asse $x\,x$ alla distanza s_{a} dal centro *C*. Gl'impennaggi (9), fissati all'archetto (10), sono messi in posizione simmetrica rispetto all'asse $x\,x$ e dalla parte opposta al mirino (11), rispetto all'asse $y\,y$. I due impennaggi (9) e di conseguenza l'archetto (10) ed il mirino (11) possono ruotare attorno al perno (8), coassiale all'asse $y\,y$, che è calettato alle appendici (5) dell'anello (3).

La combinazione delle due rotazioni, quella dell'anello interno (3) e quella dell'archetto (10), fa assumere al minimo (11) una qualunque delle infinite posizioni sulla superficie sferica di raggio s_a.

Oltre al correttore propriamente detto, sull'arma sono anche installati (fig. 16): la tacca di mira (12) su un profilato (14) che porta delle scale gra-

duate in Km./ora e m./sec. Il complesso della tacca di mira può quindi essere regolato a terra e fissato con l'indice in corrispondenza di una qualunque delle tacche della graduazione, corrispondenti alle varie velocità dell'aeroplano tiratore.

La velocità del velivolo, su cui il correttore è montato, agisce sugli impennaggi, in maniera da far sì che il mirino (11) sia costantemente orientato nella direzione di tale velocità.

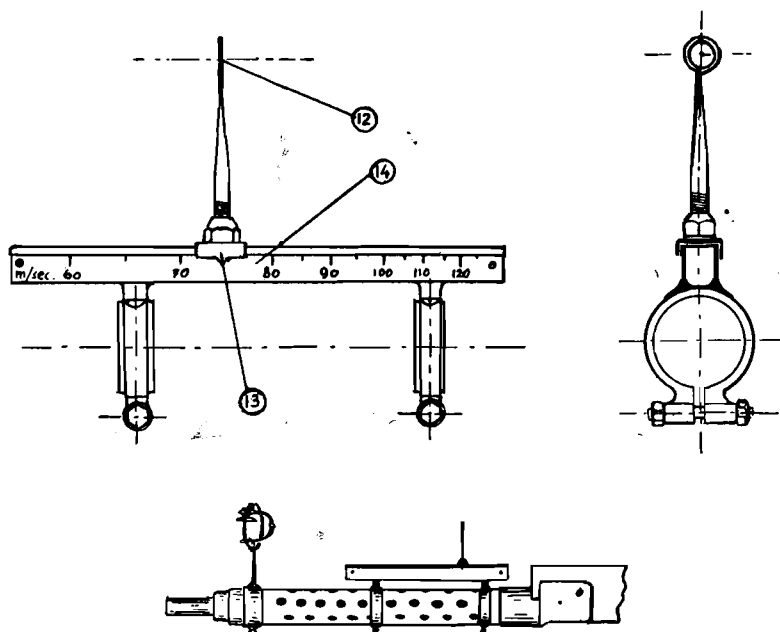



Fig. 16.

Ma noi sappiamo dalla (2) che

$$s_a = \frac{V_a}{V_o} L.$$

Da ciò si vede che il vettore di correzione s_a, per V_o costante, è direttamente proporzionale alla velocità del nostro apparecchio ed alla lunghezza della linea di mira.

Tenendo quindi costante il vettore di correzione CF, noi possiamo applicare il congegno di puntamento su apparecchi aventi qualsiasi velocità, variando opportunamente la lunghezza della linea di mira.

Se la velocità del nostro apparecchio è, ad esempio, di 110 m. al s., basterà che l'indice (13) della tacca di mira sia messo in corrispondenza del numero 110 (fig. 16).

Per correggere l'errore dovuto alla velocità dell'avversario, si adoperano speciali tabelle, le quali indicano quanti metri bisogna puntare avanti al bersaglio, per distanze di 100, 200, 300, 400, 500 metri e per le diverse velocità degli apparecchi nemici. Poichè, di massima, sono note, in guerra, le caratteristiche dei velivoli avversari, praticamente si potrà puntare avanti al bersaglio 2, 3, 4, 5, ecc. volte la *lunghezza apparente del velivolo* (anche questi dati vengono forniti dalle tabelle). Tale numero è indipendente dalla rotta del velivolo bersaglio, ossia non cambia per un dato tipo di velivolo e per una data distanza di tiro, purchè si consideri sempre la lunghezza apparente dell'apparecchio avversario, qualunque sia l'inclinazione della rotta di esso rispetto alla linea di tiro.

CONGEGNO DI PUNTAMENTO PER ARMI FISSE.

Per le armi fisse, giacchè il puntatore è contemporaneamente pilota del velivolo, si sono costruiti speciali congegni di puntamento, detti *collimatori*.

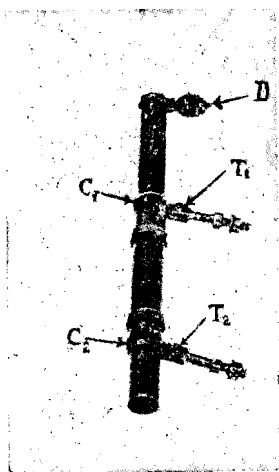



Fig. 17.

Descriveremo sommariamente il collimatore Chrétien (fig. 17) costituito da un tubo metallico contenente un vetrino, su cui è tracciato un reticolo, ed un sistema di lenti, che serve a proiettare il reticolo nello spazio. Il collimatore è istallato a bordo del velivolo con l'asse parallelo agli assi delle armi e dell'apparecchio, e va posto in una posizione tale che permetta al pilota di mirare agevolmente. Per il fissaggio, esso porta due collarini, C_1 e C_2, provvisti di aste filettate, T_1 e T_2, munite di dadi. Quando non sia necessario impiegarlo, la parte interna può essere protetta con il coperchietto *D*.

Il reticolo è costituito da cerchi concentrici (fig. 18) ciascuno dei quali (C_1, C_2 etc.) ha per raggio il vettore di correzione corrispondente ad una data velocità del velivolo avversario (1).

L'asse ottico del *collimatore* rappresenta la linea di mira naturale.

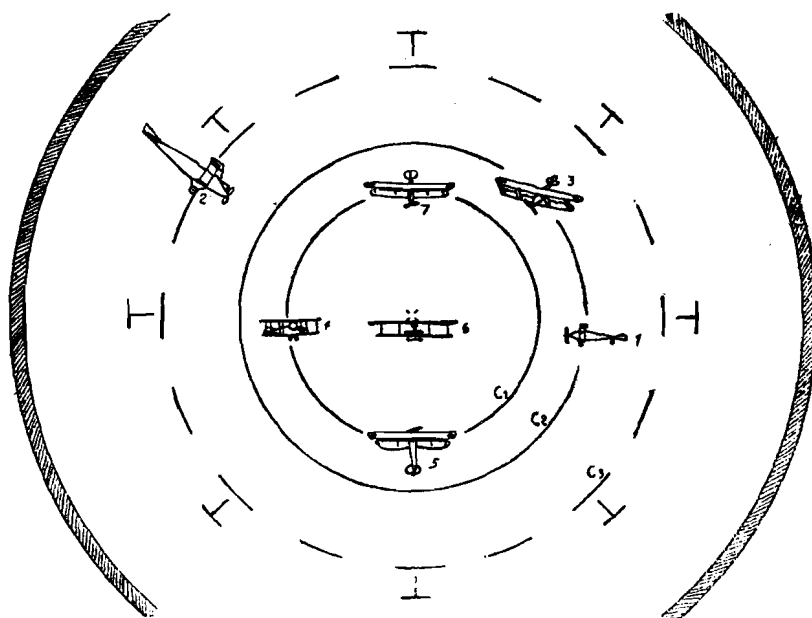



Fig. 18.

Poichè i cerchi, rispetto alle varie velocità, rappresentano la correzione massima (velocità dell'avversario perpendicolare alla nostra rotta) bisognerà tener conto che, per velocità formanti un angolo diverso dai 90° con la nostra direzione di marcia, il vettore di correzione va proiettato nel piano del reticolo. Ad esempio, un velivolo nemico animato da una velocità per cui il vettore di correzione massima costituisce il raggio del cerchio C_3, deve essere invece puntato sul cerchio C_2 se è visto a 75° (fig. 18-3). La stessa figura mostra varie posizioni del velivolo bersaglio, le quali possono essere opportunamente analizzate ed illustrate dall'insegnante.

(1) Dalla figura 13 noi sappiamo che s_b rappresenta il vettore di correzione per un velivolo nemico animato da una data velocità in direzione normale alla nostra rotta. Se noi consideriamo le posizioni che un velivolo può assumere, sempre muovendosi in direzione normale alla nostra velocità, si comprende che il vettore di correzione s_b dovrà rotare in un piano verticale contenente la T T'', e precisamente T'' descriverà una circonferenza (detta *cerchio correttore*) avente centro in T. Questo cerchio rappresenta le correzioni massime, per la velocità considerata, giacchè, intuitivamente, se il velivolo nemico si muove in direzioni non perpendicolari alla nostra rotta, il vettore di correzione sarà sempre più piccolo (proiettato sul piano verticale del *cerchio*) fino ad annullarsi, coincidendo con T, per un aereo avversario che si muova nella nostra direzione di marcia.

Data la posizione che il *collimatore* occupa sull'apparecchio, esso è esposto agli spruzzi di olio, che a volte diminuiscono la luminosità del sistema ottico e lo possono perfino rendere, per la durata del volo, addirittura inservibile.

Per questa ragione è bene che, su ciascun velivolo, vi sia anche un *cerchio correttore* con mirino fisso (fig. 19) che è d'impiego sicuro e che costituisce un sistema di mira ausiliario.

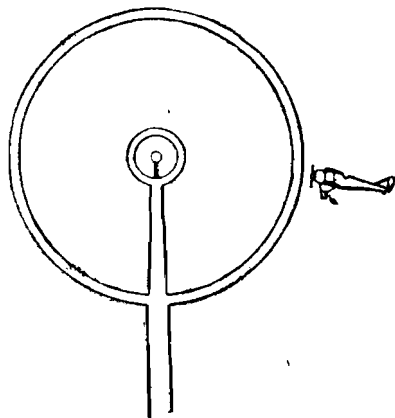



Fig. 19.

Il cerchio va istallato ad una determinata distanza (ricavata dalle formule) dal pilota e va posto in posizione tale da poter essere agevolmente impiegato.

Questo *cerchio correttore* corrisponde naturalmente ad un solo raggio vettore di correzione e quindi ad un solo valore della velocità dell'avversario. Esso costituisce un riferimento sul quale il pilota dovrà basarsi per effettuare correzioni riguardanti velocità del nemico diverse in grandezza ed in direzione.

Tale *cerchio correttore* può essere impiegato anche sulle *armi ad istallazione mobile*, per correggere l'errore dovuto alla velocità dell'aereo avversario.

Su alcuni tipi di velivoli, il collimatore Chrétien risulta troppo basso per poter consentire una buona visibilità: non potendosi sollevare il collimatore, la cui posizione è subordinata a quella del pilota, è stato necessario applicare un periscopio al collimatore stesso.

I collimatori del tipo Chrétien, date le loro caratteristiche, limitano il campo visivo del puntatore e non consentono spostamenti alla testa del pilota senza che questi perda la mira.

Hanno per questo trovato applicazione i *collimatori a riflessione*, i quali eliminano gli inconvenienti sopra accennati, consentendo al pilota di puntare con i due occhi aperti.

Schematicamente un *collimatore a riflessione* è rappresentato nella fig. 20.

Una sorgente luminosa (lampadina) proietta la sua luce su un diaframma opaco *D* che lascia passare i raggi soltanto attraverso alcuni solchi circolari con-

centrici. Tali solchi si proiettano pertanto sullo specchio S, dal quale vengono riflessi ed, attraverso l'obiettivo *T*, determinano una fedele immagine sul vetro traslucido *A*, che fa un angolo di 45° con la retta *O B*.

Se *O B* è la linea di mira, parallela all'asse dell'arma e passante per il centro *C* del vetro traslucido, il pilota, puntando, vedrà dei cerchi di riferimento analoghi a quelli della fig. 18.

Si ottengono così gli stessi vantaggi che si avrebbero con l'impiego di un collimatore a cannocchiale, mentre il pilota non fa altro che guardare attraverso il vetro traslucido, quasi cioè a visuale libera.

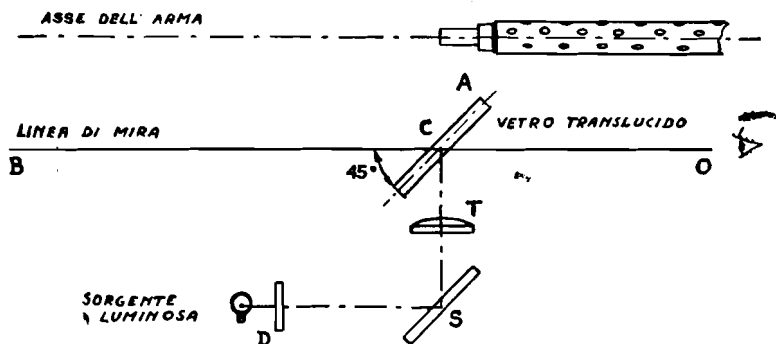



Fig. 20.

Sul vetro traslucido i cerchi di riferimento appaiono come in fig. 21, ed il fuoco va aperto quando il velivolo avversario raggiunge il cerchio relativo alla velocità nemica supposta. Vale in proposito quanto è stato detto per i collimatori del tipo Chrétien.

Sul diaframma *D* vi sono anche tre piccoli fori *C*, *R*, *R'*, che si proiettano egualmente sul vetro traslucido. Di essi, il primo *(C)* corrisponde al centro dei cerchi e gli altri due, equidistanti da *C*, sono nel diametro orizzontale dei cerchi stessi. Le due distanze *C R* e *C R'* sono tali da determinare, ad una distanza di 250 m., un'apertura di m. 7. Ciò permette di apprezzare, con buona esattezza, la distanza utile di tiro, giacchè m. 7 e m. 14 rappresentano rispettivamente le lunghezze medie di un velivolo da caccia e di un velivolo da bombardamento.

Se, ad esempio, un velivolo da bombardamento lungo 14 m. appare come in fig. 22, si può ritenere che esso sia ad una distanza di 250 m. A distanza maggiore, i suoi estremi risulterebbero con maggiore intervallo rispetto ad *R* ed *R'*. Per velivoli con dimensioni diverse, i punti *R C R'* costituiscono pur sempre un ottimo riferimento.

Il raggio dei cerchi di correzione viene determinato tenendo conto della velocità avversaria, in rapporto alla velocità assoluta del proietto.

Cerchiamo di chiarire meglio questo concetto. Supponiamo che la distanza di tiro sia di 250 m. e che tanto il nostro velivolo come quello avver-

sario abbiano una velocità di 100 m/s. La nostra arma abbia una velocità iniziale di 750 m/s.

Il proietto avrà una velocità assoluta di 850 m/s, somma della sua velocità iniziale e di quella del nostro velivolo. Esso impiegherà secondi 0,295 a raggiungere il bersaglio. In questo tempo il bersaglio si sposta di m. 29,5.

Occorre quindi (fig. 23) che il cerchio correttore abbia raggio *A' B'* tale da determinare m. 29,50 alla distanza di 250 m.

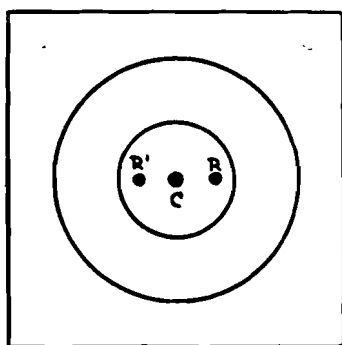



Fig. 21.

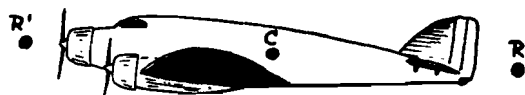



Fig. 22.

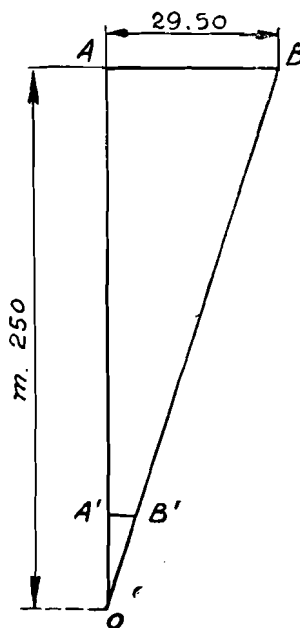



Fig. 23.

Costruito uno dei cerchi, identiche considerazioni possono farsi, restando immutate tutte le altre condizioni, per velocità avversarie maggiori o minori.

I collimatori a riflessione sono a volte anche impiegati nelle armi mobili in *torretta,* sempre per la correzione dell'errore dovuto alla velocità del velivolo avversario. In tal caso, anche la correzione dell'errore dovuto alla velocità propria è realizzata con speciali congegni applicati a tutto il complesso di puntamento e di spostamento dell'arma o delle armi.

Tiro ad alta quota e correzione d'alzo.

Fra le cause che influiscono sul tiro vi è la densità dell'aria, che diminuisce con l'aumentare della quota. Alle alte quote, pertanto, la durata della traiettoria, per la minore resistenza che il proiettile incontra nella sua corsa, risulta minore e sarà tanto più breve quanto maggiore sarà la quota di volo.

E' chiaro quindi che di tale variazione (che per le grandi altezze è notevole) si deve tener conto nel calcolo del *vettore di correzione bersaglio,* la

cui lunghezza dovrà leggermente diminuire con l'aumentare della quota a cui si effettua il tiro.

Abbiamo finora anche trascurato la *correzione d'alzo*, giacchè, svolgendosi i combattimenti aerei normalmente ad una distanza intorno ai 200 metri, la linea di mira dei correttori è già regolata per tale distanza media. Qualora si dovesse sparare a distanze notevolmente superiori, è necessario tener conto di tale correzione, che, nel *congegno di puntamento per armi mobili,* si effettua puntando in modo che la tacca di mira si veda non al centro del correttore ma spostata in basso, e nei collimatori si compie puntando in maniera che il velivolo bersaglio risulti leggermente in basso, rispetto alla posizione che avrebbe dovuto avere se fosse stato alla normale distanza di tiro.

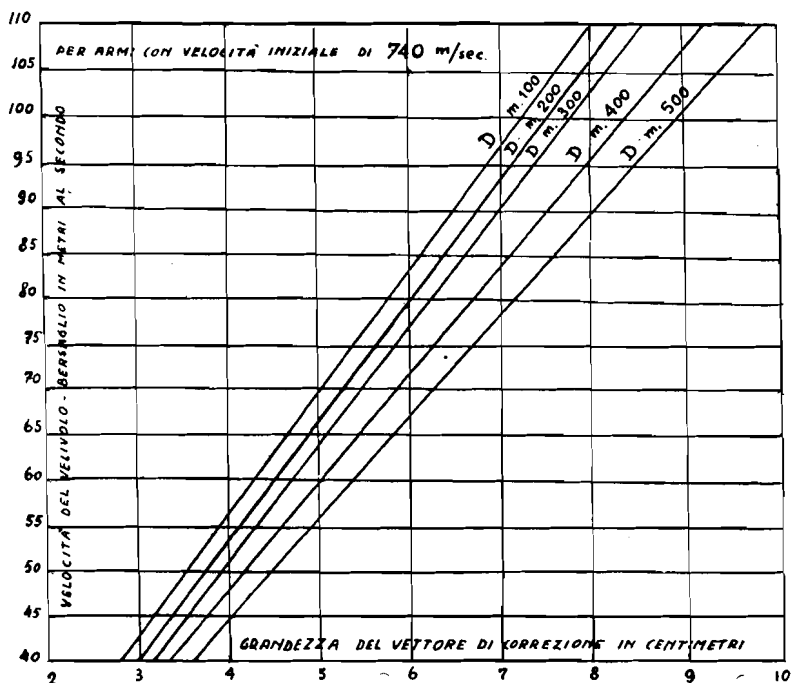



Fig. 24.

Puntamento a distanza.

Vi è modernamente una certa tendenza a piazzare, nei velivoli molto grandi, numerose armi, istallate in posizioni difficilmente accessibili durante il volo. Le operazioni iniziali di caricamento di tali armi vengono compiute prima della partenza. Il puntatore segue con un cannocchiale di mira (o comunque con altro congegno di puntamento) il bersaglio. Gli spostamenti, fatti compiere al congegno puntando, vengono trasmessi con sistemi meccanici ed elettrici alle armi, le quali risultano così dirette contro il bersaglio; anche lo sparo viene comandato a distanza.

Mentre le speciali istallazioni riducono pressochè totalmente gli angoli morti, il puntamento a distanza offre il vantaggio di consentire ad un solo puntatore l'impiego di più armi e permette quasi sempre di eseguire le operazioni di puntamento, senza risentire del disturbo prodotto dal vento dovuto alla velocità dell'aereo.

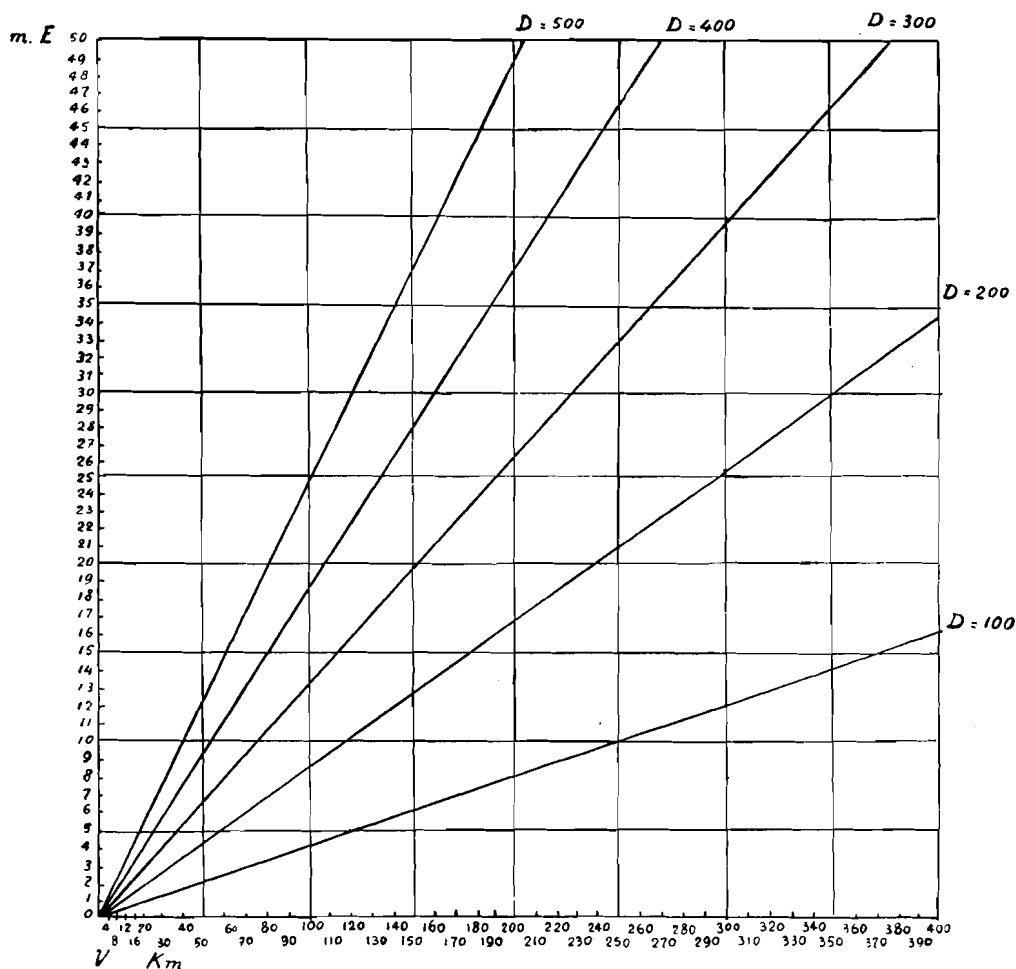



Fig. 25. — Valore dell'errore bersaglio per velocità da 0 a 400 km. orari e per distanze di tiro uguali a 100, 200, 300, 400 e 500 m.

Tiro di sbarramento.

L'esatta determinazione del vettore di correzione — per l'errore dovuto alla velocità dell'avversario — non è molto facile, giacchè tale vettore, come abbiamo già visto, è legato ad un complesso di elementi, che variano entro limiti non trascurabili e che sono difficilmente apprezzabili con sufficiente approssimazione.

Deriva, pertanto, la necessità di adottare un sistema di tiro, che tenda ad eliminare gli errori.

Tale sistema di tiro — *tiro di sbarramento* — consiste nello sparare non in un punto preciso, ma lungo tutta una zona, nella quale si ritiene di poter comprendere sicuramente il bersaglio. La determinazione della zona di sbarramento viene fatta calcolando due vettori di correzione, uno per un valore massimo ed uno per un valore minimo della velocità, entro i quali si ritiene che sia compresa la velocità del velivolo nemico.

Il *tiro di sbarramento* va iniziato in corrispondenza del vettore relativo alla velocità massima, e dovrà cessare in corrispondenza del vettore che compete alla velocità minima, attribuita all'avversario.

Per ricavare speditamente i valori dei vettori di correzione, sono stati costruiti, per le varie armi, appositi grafici, (fig. 24) che dànno i detti valori, in funzione della velocità del bersaglio e della distanza di tiro.

Quando si impiega, invece, il *congegno di puntamento per armi mobili*, il *tiro di sbarramento* si effettua tenendo conto di due *errori lineari*, corrispondenti rispettivamente, ad un valore massimo e ad un valore minimo, che si attribuiscono alla velocità del velivolo avversario.

Noi sappiamo già che l'*errore bersaglio* si può ricavare da speciali tabelle. La figura 25 mostra appunto uno di tali grafici, ove *E* rappresenta l'*errore* in metri, *V* la velocità in Km. ora e *D* la distanza, in metri, del bersaglio dall'arma.

In guerra, il dato fornito dalle tabelle potrà essere integrato dall'indicazione del numero di *lunghezze apparenti* — secondo i vari tipi dei velivoli avversari — da puntare avanti al bersaglio, per correggere l'*errore*.

Una volta riconosciuto il tipo di velivolo da colpire, il *tiro di sbarramento* si riduce allora ad iniziare il fuoco, ad esempio, 7 *lunghezze apparenti* avanti al velivolo avversario, ed a cessarlo, quando il nemico dista 5 *lunghezze apparenti* dal punto mirato (Sono state scelte a caso delle cifre, tanto per accennare a dati numerici).

ARMI AUTOMATICHE

Le armi automatiche sono quelle nelle quali, dopo aver eseguito il caricamento e disposto i vari congegni per l'esecuzione del fuoco, provocando una prima volta lo scatto, le successive operazioni per la continuazione del tiro (apertura della culatta, estrazione ed espulsione del bossolo, introduzione nella camera di una nuova cartuccia, chiusura della culatta, armamento del percussore, scatto) avvengono (in tutto o in parte) per effetto dei gas della carica, agenti su apposite parti mobili del meccanismo dell'arma, senza l'azione diretta del tiratore.

I gas che si sviluppano con l'accensione della carica esercitano la loro pressione in tutte le direzioni.

La pressione sulla base del proiettile è detta *forza di proiezione,* quella esercitata sulle pareti della camera chiamasi *forza dilaniatrice* e quella che agisce sul fondello del bossolo, e quindi sul congegno di chiusura, dicesi *forza di rinculo.*

Molte armi automatiche utilizzano questa forza di rinculo mediante l'azione diretta di essa sull'otturatore, il quale, retrocedendo, comprime la *molla di ricupero*; questa immagazzina gran parte della forza viva posseduta dall'otturatore e, ultimata la corsa, si distende e lo riporta in avanti.

In questi due movimenti avviene l'espulsione del bossolo e il caricamento dell'arma, che così è di nuovo pronta per lo sparo.

Le armi automatiche di questo tipo si dicono *a utilizzazione diretta dei gas della carica.*

In altre armi invece, una piccola parte dei gas — non appena il proiettile ha percorso i due terzi circa della canna o ha oltrepassato la bocca dell'arma — passa in apposita camera di espansione ed agisce sulla testa di uno stantuffo che, collegato alla molla di ricupero ed all'otturatore, fa funzionare i vari meccanismi e fa quindi compiere le operazioni di estrazione ed espulsione del bossolo ed il caricamento dell'arma.

Queste armi si dicono ad *azione indiretta* o a *sottrazione di gas.*

Le parti costituenti un'arma automatica sono diverse e di diverso numero da un'arma all'altra. Ma le principali, che si trovano in tutte le armi automatiche, sono le seguenti:

Canna e scatola di culatta (o culatta mobile).
Armatura centrale o castello.
Congegno di raffreddamento.

Congegno di caricamento e sparo: composto di *meccanismo di otturazione, meccanismo di percussione e di scatto, meccanismo di sicurezza, meccanismo di estrazione e di espulsione del bossolo, meccanismo motore e di ricupero, meccanismo di alimentazione.*

Esamineremo molto sommariamente le parti suddette:

Canna. — E' un tubo metallico, di conveniente calibro, lunghezza e spessore, destinato a contenere la cartuccia in modo tale che si possa utilizzare la potenza balistica dei prodotti dell'esplosione della carica per dirigere il proiettile lungo l'asse del tubo, conferendogli simultaneamente un movimento di traslazione ed un movimento di rotazione, velocissimi.

La parte della canna ove si esegue l'otturazione, cioè la parte posteriore, si dice *culatta;* la parte anteriore si dice *volata.*

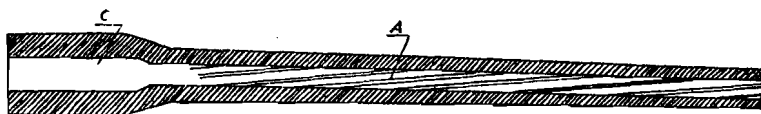



Fig. 26.

Nell'interno della canna si distinguono: l'*anima A,* (fig. 26) che è la parte percorsa dal proiettile; la *camera C,* che serve ad alloggiare la cartuccia.

La *rigatura* è l'insieme dei solchi praticati nell'anima per imprimere la rotazione al proiettile. Il *calibro* dell'arma è il diametro interno dell'anima misurato fra due pieni della rigatura.

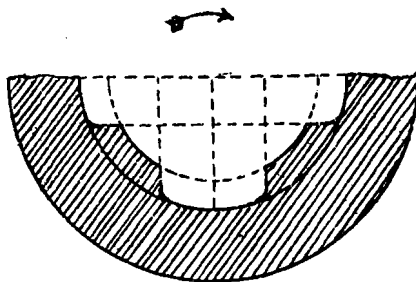



Fig. 27.

La rigatura è definita dai seguenti elementi:

a) *profilo;* b) *senso;* c) *tracciato.*

a) Il profilo è la figura geometrica di una sezione retta dell'anima (figura 27);

b) il senso è per solito destro; ossia, guardando dalla culatta, si vedono volgere le righe a destra;

c) il tracciato è lo sviluppo su di un piano della spirale direttrice del profilo.

Scatola di culatta. — E' il prolungamento della canna, alla quale è avvitata o unita ad incastro.

Serve per contenere parte dei meccanismi di otturazione, di percussione, di scatto; in essa si muove l'otturatore e, durante lo sparo, vi prende appoggio.

Armatura centrale o *castello.* — Sostiene e riunisce le diverse parti dell'arma in modo da permettere il maneggio, il puntamento ed il tiro.

Congegno di raffreddamento. — Si rende indispensabile perchè durante il tiro la canna può in breve raggiungere temperature molto elevate; questo congegno può essere:

a) ad acqua;

b) a radiatore (canna con superficie esterna ondulata o rivestita di un manicotto, ad alette radianti, di un metallo ottimo conduttore di calore);

c) a corrente d'aria.

Meccanismo di otturazione. — Consta essenzialmente *dell'otturatore* che è la parte più importante del congegno perchè è l'organo destinato a caricare l'arma, a chiudere la culatta e a determinare, coi suoi movimenti, il funzionamento dei vari meccanismi di estrazione, espulsione, alimentazione.

Meccanismo di percussione e scatto. — Comprende il percussore e un sistema di leve destinate a produrne lo scatto.

Meccanismo di sicurezza. — Può essere *ordinario* od *automatico.* Nel primo caso immobilizza il dispositivo di scatto, a volontà del tiratore. Nel secondo caso è indipendente dal tiratore e non permette lo sparo se non quando l'arma sia completamente chiusa.

Meccanismo di estrazione e di espulsione del bossolo. — Comprende l'estrattore e l'espulsore.

Meccanismo motore e di ricupero. — Comprende gli organi capaci di immagazzinare, nel movimento delle parti mobili dell'arma, gran parte dell'energia da queste posseduta e poi di restituirla, provocando automaticamente le operazioni di caricamento, di chiusura e, volendo, di sparo dell'arma.

Meccanismo di alimentazione. — Comprende gli organi che presentano davanti all'otturatore, di volta in volta, una nuova cartuccia da immettere nella camera di scoppio; l'*alimentazione* può aver luogo mediante: caricatore, pacchetto, tamburo, nastro di tela, nastro ad elementi metallici.

ARMI PER AERONAUTICA

Per le caratteristiche stesse del tiro aereo di lancio, dati i pochi istanti nei quali il bersaglio può rimanere sotto il tiro efficace, è necessario avere istallate sui velivoli armi automatiche molto celeri, in modo da poter lanciare sull'avversario, nell'unità di tempo, il maggior numero possibile di colpi, anche per compensare col numero la deficienza di precisione del colpo singolo; deficienza dovuta alla difficoltà di ottenere un tiro esatto, a motivo delle molteplici correzioni che dovrebbero apportarsi al puntamento e che richiederebbero, per essere effettuate, congegni complicati ed un tempo troppo lungo rispetto ai brevi istanti dello scontro aereo.

Oltre all'elevata celerità di tiro ed a quel complesso di requisiti — quali: robustezza, semplicità di costruzione, accurata finitura, giustezza di tiro, sicurezza durante l'impiego ecc. — che fanno classificare ottima un'arma automatica da impiegarsi a terra, per le armi aeronautiche si richiede particolarmente:

a) — calibro tale da permettere lavorazioni nell'interno del proietto, onde ottenere pallottole di tipo vario (perforanti, incendiarie ecc.) per le diverse esigenze del tiro; (1)

b) — elevata velocità iniziale e quindi traiettoria quasi rettilinea nei primi 400 m.;

c) — sistema di alimentazione tale da permettere di sparare un gran numero di colpi, senza ricaricare l'arma;

d) — lubrificazione automatica;

e) — organi adatti ad impedire che la vampa danneggi od incendi le parti più vicine del velivolo;

f) — scatto comandabile facilmente dall'esterno e costanti durate di scatto e percussione;

g) — sistema di raffreddamento adeguato;

h) — inceppamenti rarissimi ed eliminabili facilmente e rapidamente.

Sono stati eseguiti studi ed applicazioni per l'impiego sugli aerei di mitragliatrici speciali, nelle quali il funzionamento dei vari congegni non è più determinato sfruttando la forza dei gas, ma è ottenuto mediante una trasmissione collegata al motore. Si può avere così una rilevantissima celerità di tiro ed un perfetto sincronismo fra motore ed arma.

Si manifesta anche la tendenza ad impiegare sugli aerei armi con calibro intorno ai 20 mm., montate nell'interno dell'albero motore o nelle

(1) Facendo astrazione delle mitragliatrici di concezione non modernissima e derivate da tipi di armi a terra, si può dire che le nuove armi istallate sui velivoli siano ancora nella fase sperimentale. Infatti, vi sono pareri discordi anche sul calibro da adottare. La concezione moderna sembra però orientarsi verso calibri fra gli 8 ed i 13 mm. che, pur consentendo una rilevante celerità di tiro, permettano l'impiego di proiettili esplodenti.

La tendenza a portare il tiro a distanze elevate, conduce a prevedere nuovi orientamenti nell'armamento di lancio, fino all'impiego generalizzato dei cannoncini.

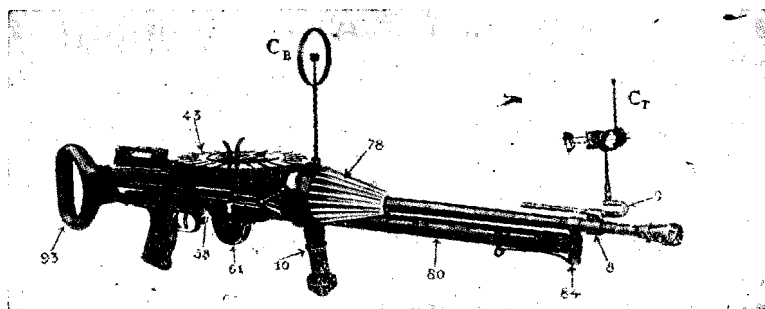
ali. Tali armi hanno una celerità di tiro di circa 500 colpi al minuto, hanno un peso fra i 25 ed i 45 Kg., debbono essere installate in maniera che la canna non sporga troppo dall'ala e che il profilo alare, possibilmente, non venga modificato; infine, il rinculo non deve essere eccessivo, in modo da non influenzare sensibilmente, durante il tiro, la manovrabilità del velivolo.

43 - caricatore; 61 - ricuperatore; 78 - radiatore; 80 - tubo di protezione cilindro del gas; 93 - maniglia di brandeggio; C_B - correttore bersaglio; C_T - correttore tiratore; 8 - supporto per mirino orientabile; 9 - asta scorrevole per detto; 10 - supporto a collare per mitragliatrice Lewis; 38 - bottone per armamento.

Fig. 28.

Lo scopo del presente manuale, l'esistenza dei libretti d'istruzione che illustrano ogni particolare ed ogni dettaglio, le modificazioni stesse che la dotazione di armi può subire nei riguardi del tipo, sono tutti elementi che sconsigliano di riportare qui la descrizione dettagliata dei vari congegni delle armi automatiche in uso.

Tuttavia, allo scopo di dare fin d'ora i concetti sommari, nella fig. 28 è riprodotta la mitragliatrice Lewis, arma molto usata in passato per *istallazioni mobili* ed a *sottrazione di gas*, mentre nella fig. 29 è riportata la mitragliatrice SAFAT, arma per *istallazioni fisse* e ad *azione diretta dei gas della carica*

Fig. 29.

(entrambe di *calibro* 7,7). La stessa arma, provvista di apposita impugnatura, può essere impiegata nelle *installazioni mobili*.

La fig. 30 rappresenta la SAFAT 12,7, pressochè perfettamente simile alla precedente di calibro minore.

Fig. 30.

Caratteristiche di vari tipi di mitragliatrici e cannoncini nazionali ed esteri

TIPO DELL'ARMA	Calibro mm.	Numero delle righe n.	Passo della rigatura mm.	Velocità iniziale m/s	Lunghezza dell'arma mm.	Lunghezza della canna mm.	Peso dell'arma kg.	Peso della canna kg.	Peso della cartuccia (ordinaria) gr.	Peso della pallottola (ordinaria) gr.	Ritmo n.	NAZIONE
Fiat (terrestre) . .	6,5	4	216	650	1180	650	13,800	2,980	22,6	10,4	500	Italia
Fiat (terrestre) . .	8	4	245	750	1265	650	17,200	—	29,9	13,45	600	Italia
Safat.	7,7	6	254	730	1085	660	12	2,200	25,3	11,28	900	Italia
Safat.	12	—	—	930	—	—	—	—	—	40	250	Italia
Safat.	12,7	7	385	760	1385	800	28,900	4,720	84,150	36,7	700	Italia
Breda	7,7	6	254	750	—	660	11,260	1,350	24,5	11,7	750	Italia
Breda	14	—	—	980	990	—	37	—	—	58	—	Italia
Vickers	7,7	5	260	740	1065	720	12,700	1,700	24,5	11,7	750	Inghilterra
Vickers	12,7	7	—	803	1350	762	23,600	—	79	36	300÷700	Inghilterra
Vickers	25,4	—	—	470	1372	762	50	—	315,5	200	150	Inghilterra
Lewis	7,7	4	270	740	1080	660	8,400	1,630	24,5	11,7	450	Inghilterra
Darne	7,7	4	254	740	940	657	8,500	1,650	24,5	11,7	1000	Francia
Madsen	7,7	—	—	750	—	—	10,500	—	24,5	11,7	400÷500	Danimarca
Madsen	11,35	—	—	830	1220	—	10,800	—	50	26	1000	Danimarca
Madsen	20	—	—	675÷750	—	—	55	—	300	165	200	Danimarca
Madsen	23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Danimarca
Hotchiss. . . .	7,9	—	—	—	1085	600	9	—	—	—	1000	Francia
Hotchiss. . . .	13,2	—	—	800	1480	1000	32	14	122	52	450	Francia
Hotchiss. . . .	25	—	—	900	2220	1500	120	—	870	330	180	Francia
Oerlikon. . . .	20,1	—	—	870,835	2100	1407	65	—	270	142	150	Svizzera
Oerlikon. . . .	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Svizzera
Solothurn . . .	20	8	724	850÷880	2250	1158	60	17,400	312	138	220÷230	Svizzera
Browning . . .	7,7	—	—	826	—	863,6	11,200	—	26,9	—	400÷700	Stati Uniti
Browning . . .	12,7	—	—	780	—	—	22,500	—	—	—	400÷700	Stati Uniti

TIRO ATTRAVERSO L'ELICA — SINCRONIZZAZIONE

Le *armi fisse* sono adoperate dal pilota ed il puntamento di esse si effettua, come abbiamo già visto, dirigendo la prua del velivolo contro il bersaglio.

Perchè il pilota possa adoperare queste armi, è desiderabile siano istallate in tale posizione che egli possa averle a portata di mano onde provvedere alle varie manovre ed al disinceppamento in caso di arresto involontario del tiro.

Le *armi fisse* spesso sono istallate con la parte posteriore in prossimità del cruscotto. Ne viene di conseguenza che i proietti, uscendo dalla canna, vengono ad incontrare il cerchio descritto dall'elica nella sua rotazione. E' necessario allora uno speciale dispositivo, il quale faccia partire il colpo in determinati istanti in cui l'elica risulti fuori dalla linea di tiro. Occorre cioè che il movimento di rotazione dell'elica e lo scatto dell'arma siano sincronizzati, in maniera che lo scatto avvenga solo in determinate posizioni dell'elica e, ripetendosi sempre in quelle posizioni, non permetta la partenza del colpo in momenti diversi da quelli stabiliti.

Tale scopo si raggiunge collegando il dispositivo di scatto col motore, mediante una trasmissione che può essere rigida o flessibile, e che, secondo i casi, può prendere il movimento dall'estremità posteriore dell'asse di distribuzione del motore o direttamente dall'elica.

Il congegno, che permette di effettuare questa sincronizzazione fra elica ed arma, prende il nome di *sincronizzatore.*

I *sincronizzatori* possono essere di vario tipo: *oscillanti; rotanti; a liquido.* Descriveremo il sincronizzatore ad asta oscillante (fig. 31).

Questo sincronizzatore comprende:

Una scatola di sincronizzazione — un dispositivo di scatto — un'asta oscillante di trasmissione.

Scatola di sincronizzazione. — Forma la parte applicata al motore ed è una scatola di alluminio che serve per raggruppare e proteggere le seguenti parti del sincronizzatore:

1°) - *un eccentrico* (*a*) calettato sull'estremità posteriore dell'asse di distribuzione;

2°) - *un dito di spinta* (*b*) che ha la forma di un chiodo, con la testa arrotondata a contatto con la periferia della ruota a gobba;

3°) - *un supporto per il dito di spinta.* Questo supporto in genere è unito mediante avvitamento alla scatola;

4°) - *un supporto sferico* per l'estremità (*h*) dell'asta oscillante (*o*).

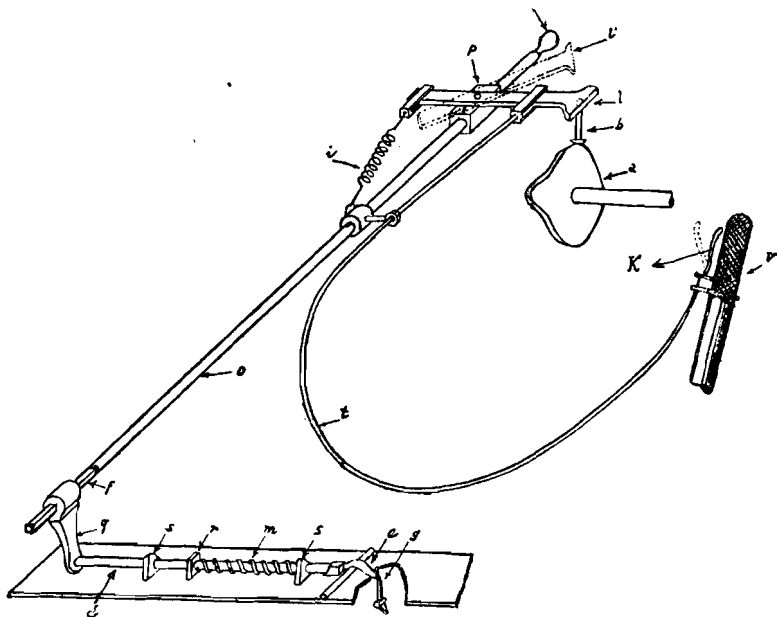



Fig. 31.

Dispositivo di scatto. — Forma la parte applicata all'arma e consta essenzialmente di:

1°) - *Un'asta di scatto* (*d*) che può scorrere in due appositi supporti (*s*) fissati rigidamente al coperchio anteriore dell'arma. L'estremità posteriore di detta asta termina con un'appendice (*e*), chiamata *becco di scatto*, la cui punta viene a trovarsi a contatto del *grilletto* (*g*), quando l'otturatore è completamente chiuso;

2°) - *una molla di richiamo* (*m*) che, contrastando fra una rosetta (*r*), fissata all'asta di scatto, ed il supporto posteriore (*s*), tende a spingere sempre detta asta verso la parte anteriore dell'arma;

3°) - *un supporto* generalmente orientabile, fissato al coperchio, per l'appoggio all'estremità (*f*) dell'asta oscillante.

Asta oscillante di trasmissione. — E' la parte che collega le due precedenti; consta di:

1°) - *un'asta* di determinata lunghezza, avente alle due estremità rispettivamente una sfera (*h*) ed un *asse quadro* (*f*) che vanno a prendere alloggio nei corrispondenti supporti;

2°) - *una leva articolata* (*l*) che può rotare di un piccolo angolo attorno al perno (*p*) che l'unisce all'asta;

3°) - *una molla a spirale di richiamo* della leva articolata (*i*);

4°) - *una leva di rinvio* (*q*) infilata sull'asse quadro e ad esso assicurata in posizione tale che la sua estremità possa agire sull'asta di scatto (*d*).

Alla leva articolata è unita l'estremità di un frenello (*t*) la cui manetta (*K*) è in genere fissata alla leva di comando (*v*) del velivolo.

Agendo su tale manetta, la leva articolata, che normalmente sotto l'azione della molla (*i*) si trova nella posizione di riposo (*l'*), è obbligata dal frenello ad assumere la posizione di sparo, portandosi in corrispondenza del dito di spinta (*b*).

Funzionamento. — Si supponga che il motore sia in moto e che l'otturatore sia armato. Si azioni con la manetta *K* il frenello di comando, in modo da porre la leva articolata nella posizione di sparo.

La ruota (*a*) girerà con l'asse di distribuzione e quindi, ad ogni passaggio della gobba sotto il dito di spinta, questo verrà sollevato e compirà una corsa corrispondente alla eccentricità della gobba stessa. Tale movimento, a mezzo della leva articolata (*l*), dell'asta oscillante (*o*) e della leva di rinvio (*q*), si trasmetterà all'asta di scatto (*d*) che, agendo sul grilletto (*g*) dell'arma, lo obbligherà a rotare indietro, determinando la partenza del colpo.

Ultimata l'azione della gobba sul dito di spinta, l'asta di scatto sarà riportata nella posizione iniziale dalla molla di richiamo (*m*) e quindi l'asta di trasmissione verrà fatta ruotare in senso inverso ed il dito di spinta, con la sua testa, sarà costantemente tenuto appoggiato sull'eccentrico, pronto per essere nuovamente azionato.

Cessando la pressione sulla manetta del frenello, la leva articolata verrà riportata dalla molla (*i*) nella posizione (*l'*); il dito di spinta non potrà così più agire sulla detta leva ed il tiro sarà interrotto.

* * *

Abbiamo descritto il *sincronizzatore oscillante*, soprattutto perchè esso si presta per l'illustrazione didattica, e lascia vedere con chiarezza i movimenti dell'*eccentrico* e delle trasmissioni, cosa questa pressochè impossibile con altri sincronizzatori di difficile rappresentazione grafica.

Tuttavia, benchè il *sincronizzatore ad asta oscillante* sia stato, fino ad alcuni anni fa, impiegato nella R. Aeronautica, esso è ora completamente abbandonato, per le varie trasformazioni del moto che comporta (rotatorio nell'*eccentrico*; traslatorio nel *dito di spinta*; rotatorio nella *trasmissione*; traslatorio nell'*asta di scatto*) e per i conseguenti giochi ai quali può dar luogo, con il pericolo che i proiettili possano forare l'elica.

Sono stati perciò adottati i *sincronizzatori rotanti*.

Il *sincronizzatore rotante* (fig. 32) consta di:

— una *scatola di sincronizzazione*, applicata sull'arma;
— una *trasmissione rigida*, che collega la scatola con il motore.

La *scatola di sincronizzazione* (*A*) porta un'*asta di scatto* (S), un *dispositivo di innesto* (composto di due flange (*N. M.*) che a mezzo di una trasmissione a *frenello*, comandata dal pilota, si innestano fra loro) ed una *croce* a bracci uguali (*C*), che può rotare nello stesso piano ove è situata l'*asta di scatto*.

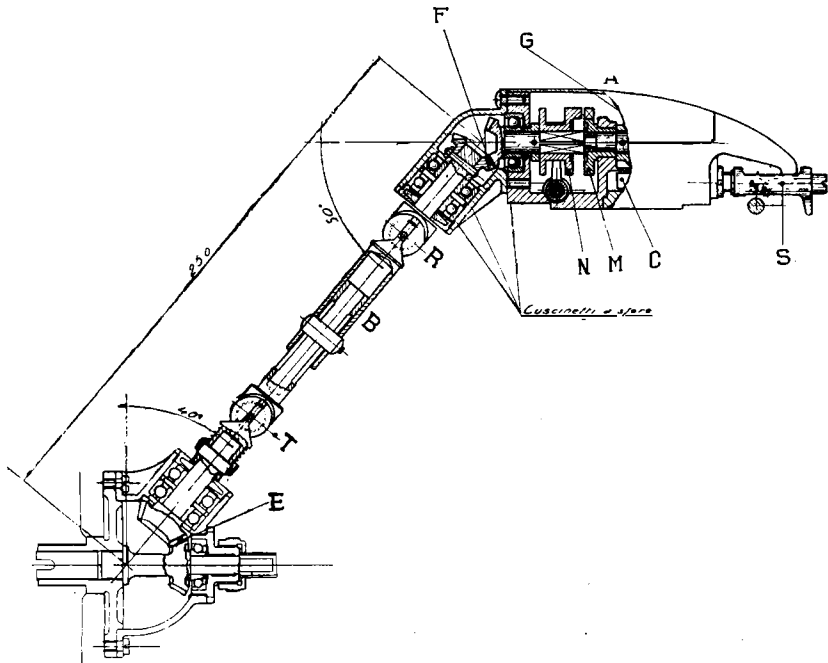



Fig. 32.

La trasmissione (*B*) consta di due tubi uniti a cannocchiale e terminanti con un giunto sferico (*R* e *T*) per l'unione, rispettivamente, all'asse dell'ingranaggio di collegamento (*F*) con la *scatola di sincronizzazione* ed all'asse dell'ingranaggio (*E*) di presa del movimento dal motore.

Fra i bracci della *croce*, contenuta nella *scatola di sincronizzazione*, sono allogati quattro *cilindretti*.

La trasmissione del movimento, fra il motore e la *croce*, è ottenuta a mezzo degli ingranaggi conici, *E*, *F* e *G* (l'ingranaggio *G* non è visibile in figura).

Il pilota, agendo sul frenello, determina l'accoppiamento delle due *flange dell'innesto*, e quindi il movimento rotatorio si trasmette dal motore alla *croce*. La *croce*, rotando, trascina i quattro cilindretti, che, per forza centrifuga, vengono spinti verso la periferia ed imprimono, attraverso un *dito di*

spinta, un movimento di traslazione all'*asta di scatto*. La *croce*, con i suoi cilindretti (che possono essere anche in numero di uno), funziona dunque come un *eccentrico* ad una o più *gobbe*.

Per sospendere il tiro, basta lasciare la leva di comando del *frenello*, ciò che determina il disinnesto delle due flange.

Come si è già detto, i *sincronizzatori rotanti* sono ora largamente impiegati. Tuttavia, per comodità didattiche, nell'accennare ai concetti teorici che seguono, ci richiameremo, qualche volta, al tipo di *sincronizzatore ad asta oscillante*.

CELERITA' DI TIRO DELL'ARMA NEL TIRO ATTRAVERSO L'ELICA

Per *ritmo, cadenza* o *celerità* di tiro di un'arma automatica s'intende il numero di colpi che l'arma stessa può sparare in un minuto primo, a tiro continuo (quando cioè si agisca continuamente sul grilletto, ciò che permette l'immediata partenza del colpo non appena tutte le parti dell'arma abbiano ripreso la posizione di sparo).

Nel caso invece di un'arma sincronizzata, la partenza del colpo è determinata dalla gobba dell'eccentrico, che in genere fa un numero di giri al minuto primo diverso dalla celerità di tiro dell'arma.

Accadrà raramente che, nello stesso istante in cui l'arma è pronta per lo sparo, la gobba venga a trovarsi esattamente col vertice sotto il dito di spinta; bisognerà quindi attendere un certo tempo, più o meno lungo secondo la velocità del motore, prima che sia azionato lo scatto.

Consideriamo un'arma con celerità di tiro di 750 colpi al minuto.

L'intervallo fra due colpi successivi sarà di $\frac{1}{750}$ di minuto.

Siano N ed n il numero dei giri compiuti in un minuto rispettivamente dall'elica e dall'eccentrico. Essendo questo calettato sull'albero di distribuzione del motore, sarà sempre animato da una velocità metà di quella dell'albero e di quella dell'elica, se non vi è riduttore:

$$\text{sarà cioè } n = \frac{N}{2}.$$

Se si facesse funzionare l'arma quando il motore è a 1500 giri, — la velocità dell'eccentrico sarà allora $n = 750$ giri/minuto — data la perfetta concordanza fra il ritmo dell'arma e la velocità di rotazione della gobba, è evidente che ad ogni giro di quest'ultima partirà un colpo, perchè la mitragliatrice sarà tutte le volte pronta per lo sparo nello stesso istante in cui il vertice della gobba si troverà sotto il dito di spinta. La cadenza dell'arma rimarrà quindi di 750 colpi al minuto, come se non vi fosse sincronizzazione. Tale cadenza sarà pur mantenuta per un eccentrico che effettui un numero di giri multiplo del precedente, perchè in tal caso, se è vero che alcuni impulsi impressi dalla gobba al dito di spinta andranno perduti, — (1) — l'eccentrico agirà sul grilletto tutte le volte che l'arma si sarà riportata in posizione di sparo.

---

(1) Tali impulsi vengono impressi quando l'arma non è ancora pronta per lo sparo.

Ma, se consideriamo un regime di motore di 1200 giri e quindi $n = 600$, l'eccentrico impiegherà $\frac{1}{600}$ di minuto per fare un giro, mentre l'arma in $\frac{1}{750}$ di minuto si sarà riportata in posizione di sparo. Partito il primo colpo, quando l'arma sarà nuovamente pronta per lo sparo, la gobba non potrà imprimere il nuovo impulso, perchè non ancora giunta sotto il dito di spinta.

Perchè possa partire un secondo colpo bisogna attendere che l'eccentrico completi il suo giro: e poichè questa condizione si ripete per tutti i colpi successivi, la cadenza dell'arma sarà ridotta al numero dei giri dell'eccentrico (cioè a $600 = n$).

Consideriamo ancora un motore a 1800 giri. L'eccentrico compirà un giro in $\frac{1}{900}$ di minuto, mentre l'arma impiega $\frac{1}{750}$ a fare tutti i movimenti. Quando l'arma, dopo la partenza del primo colpo, sarà di nuovo pronta per lo sparo, l'eccentrico avrà compiuto un giro intero più una frazione di giro. Perchè si produca il secondo colpo — e così per tutti i successivi — bisogna attendere un nuovo passaggio della gobba.

Si avrà così un colpo ogni due impulsi della gobba, ossia ogni due giri dell'eccentrico, e la cadenza dell'arma sarà ridotta a 450 colpi.

Analoghe considerazioni possono ripetersi per i vari regimi del motore. Si vedrà così che la cadenza di tiro (c), con sincronizzatore ad una sola gobba, varia, con la velocità del motore, nel modo seguente:

a) - per N minore di 1500, c_x è uguale al numero degli impulsi, ossia a n;

b) - per N uguale a 1500, c_x è uguale al ritmo dell'arma;

c) - per N maggiore di 1500, c_x è uguale alla metà degli impulsi.

Considerando armi con celerità di tiro diversa, naturalmente, muterebbe l'esposizione numerica. Si giungerebbe però sempre alle stesse conclusioni, cioè che la cadenza dell'arma viene mantenuta solo per n uguale o multiplo della celerità di tiro, mentre diminuisce per n maggiore o minore del *ritmo*.

Questa diminuzione, particolarmente dannosa, della celerità di tiro nelle armi sincronizzate, può essere annullata o ridotta mediante due sistemi:

a) - aumentando il numero degli impulsi nell'unità di tempo, il che può essere ottenuto impiegando eccentrici a più gobbe;

b) - facendo in modo che non solo il vertice della gobba sia capace di produrre lo scatto, ma che tutto un settore della gobba possa essere utilizzato a tale scopo.

a) Il numero di gobbe che può avere un eccentrico è però soggetto a delle limitazioni. Durante un giro di elica, per ragioni di sicurezza, non possono partire più di due colpi, uno cioè per ogni passaggio di pala davanti alla linea di tiro dell'arma. Siccome a un giro di eccentrico corrispondono due giri di elica, esso può avere quattro gobbe, sfasate di 90°, e non più di quattro.

Tale numero può anche diminuire nel caso che l'elica sia calettata su riduttore.

Alcuni impulsi non avranno effetto perchè si produrranno nell'istante in cui, non trovandosi l'otturatore in posizione di chiusura, il grilletto non può essere azionato. Però il numero dei colpi dell'arma sincronizzata raggiungerà o si avvicinerà alla celerità effettiva della mitragliatrice.

b) Per far sì che tutta una porzione di gobba sia capace di produrre gli scatti si aumentano l'ampiezza della gobba e l'eccentricità del vertice della gobba stessa, in modo da imprimere al dito di spinta, per un certo tratto della periferia dell'eccentrico, una corsa superiore a quella necessaria a far scattare il grilletto.

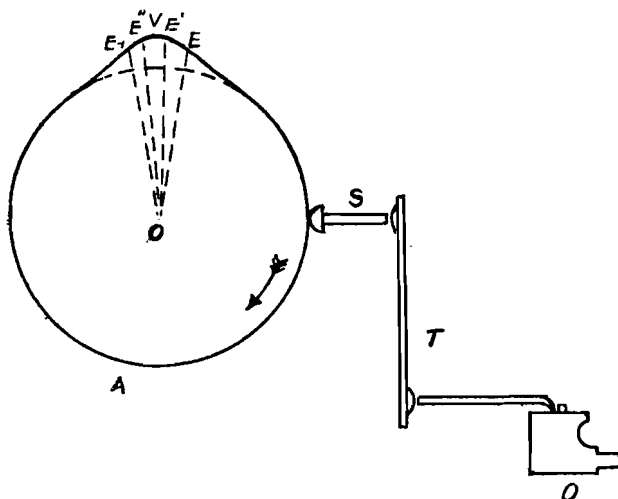



Fig. 33.

Nella figura 33, ove, schematicamente, *O* rappresenta l'otturatore dell'arma, *T* l'asta oscillante, *S* il dito di spinta, lo scatto può essere prodotto dalla gobba in tutto il settore E_1 *E''* *V* *E'* *E*.

L'aumento della larghezza della gobba ha come conseguenza che, per determinate velocità del motore, i colpi non partono in seguito a scatti prodotti sempre dallo stesso punto della gobba (*V*) ma da punti differenti, compresi entro un determinato settore E E_1.

I proiettili perciò non attraverseranno il piano dell'elica in un punto unico, come avverrebbe se gli scatti fossero prodotti da un sol punto della gobba, ma si distribuiranno entro un certo settore, i cui limiti sono determinati dai colpi corrispondenti ai punti *E* ed E_1. Il tratto di eccentrico E E_1 prende il nome di *settore critico* e le velocità per le quali si verifica quanto è stato ora detto si chiamano *velocità critiche*. Questa denominazione dipende dal fatto che, a tali velocità, è maggiore la probabilità di colpire la pala d'elica opposta a quella che ha prodotto lo scatto.

FASE DEL SINCRONIZZATORE.

E' stato detto che lo scopo specifico del sincronizzatore è quello di determinare lo scatto dell'arma contemporaneamente al passaggio dell'elica per un punto stabilito del proprio piano di rotazione.

Tale punto A (fig 34), in pratica, per le normali distanze delle armi dall'asse dell'elica, viene preso a circa cm. 4 dall'intersezione F della linea di tiro col piano di rotazione dell'elica.

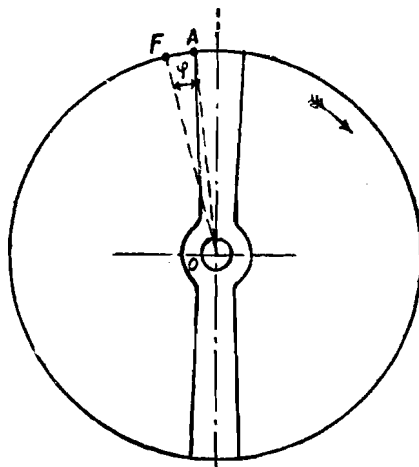



Fig. 34.

L'eccentrico dovrà perciò essere orientato in modo che lo scatto si verifichi nell'istante in cui il bordo di uscita di una delle pale dell'elica passi sul punto A.

L'angolo $F\,O\,A = \varphi$ si chiama *fase del sincronizzatore* ed in pratica si aggira sui $4^\circ \div 5^\circ$.

Esso è l'elemento che serve per effettuare la messa a punto del dispositivo, operazione che, prescindendo da altre considerazioni, si riterrà compiuta quando, rotando l'elica a mano, lo scatto si produrrà nel momento in cui il bordo di uscita di una delle pale avrà oltrepassato la linea di tiro di un angolo uguale all'angolo di fase φ del sincronizzatore.

DISPERSIONE APPARENTE DEI COLPI SUL PIANO DELL'ELICA

Per renderci perfettamente conto della *dispersione* dei colpi, sostituiamo all'elica un mulinello (elica con disco di alluminio, ove resta traccia del passaggio dei proiettili).

In relazione a quanto abbiamo visto, parlando della «fase del sincronizzatore», tutti i colpi dovranno attraversare il disco nel *punto di fase F*, intersezione della *linea di tiro* col piano di rotazione dell'elica.

In pratica, ciò non si verifica, giacchè intercorre un certo tempo T, tra l'istante in cui si determina lo scatto e l'istante in cui il proiettile attraversa il piano di rotazione dell'elica (1).

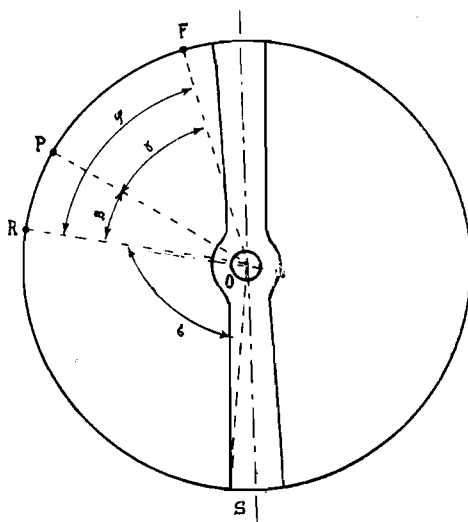



Fig. 35.

Poichè il tempo T è costante — per una data arma e per una data istallazione — i colpi risulteranno spostati sul disco, nel senso opposto alla rotazione, di un angolo uguale alla rotazione del disco stesso, (nel tempo che intercede fra l'istante dello scatto e l'istante in cui il proiettile attraversa il piano dell'elica) ed il valore di tale angolo varierà col mutare della velocità di rotazione del mulinello.

---

(1) Tale tempo T, variabile col tipo di arma e di istallazione, è costituito dalle seguenti frazioni:

1ª - *Durata di percussione*, T' — Tempo compreso fra l'istante in cui il percussore inizia la propria corsa e quello in cui la termina, producendo la detonazione della càssula.

2ª - *Durata di sparo*, T'' — Tempo compreso dall'istante in cui ha inizio la reazione esplosiva (fine del tempo T') all'istante in cui il proietto abbandona l'arma.

3ª - *Durata del percorso*, T''' — Il tempo impiegato dal proiettile a percorrere la distanza fra la bocca dell'arma ed il piano di rotazione dell'elica.

Il tempo $T = T' + T'' + T'''$ viene espresso con la formula:

$$T = \sqrt{\frac{2\,C\,M}{F}} + \frac{1{,}5\,L + H}{V}$$

dove C rappresenta la corsa del percussore, M la massa del percussore, F la tensione della molla del percussore, L la lunghezza della canna, H la distanza della bocca dell'arma dal piano dell'elica e V la velocità iniziale del proietto.

Dato lo scopo del presente manuale, si reputa inutile la dimostrazione di tale formula: per avere un'idea della durata del tempo T, si tenga presente che per una mitragliatrice Vickers, avente la bocca ad un metro dall'elica, tale tempo risulta di circa $\frac{0{,}6}{100}$ di secondo.

Pertanto i colpi, fig. 35, non si localizzeranno sul disco in *F*, ma lo attraverseranno nel punto P, sempre diverso, secondo le varie velocità di rotazione dell'elica. Ad ogni velocità di rotazione, corrisponderà dunque un punto *P*; e, se indichiamo con γ l'angolo che la *OF* forma con la *OP*, potremo dire che si avrà uno spostamento massimo dei colpi — γ massimo — in corrispondenza della massima velocità di rotazione dell'elica.

Quanto detto fino ad ora è però valido soltanto nel caso che lo scatto dell'arma sia prodotto da un punto unico dell'eccentrico.

Nel caso, invece, che tutta una porzione di gobba sia capace di produrre lo scatto, bisogna tener conto della *dispersione* provocata dall'ampiezza di tutto il *settore critico*.

Se supponiamo, fig. 33, che il punto *E* del *settore* corrisponda allo *scatto giusto*, per il quale i colpi — ad una data velocità di rotazione — attraverseranno il disco nel punto *P* della fig. 35, i colpi prodotti dai punti *E'*, *V*, *E''*, E_1, del *settore critico*, risulteranno spostati sul disco, nel senso opposto alla rotazione, a partire da *P*.

Lo spostamento massimo — ciò che si può anche dire il *colpo maggiormente ritardato* — corrisponde allo scatto determinato dal punto E_1.

Il colpo, prodotto da questo scatto, attraverserà il disco nel punto *R* spostato da *P* dell'angolo β; tale angolo, nel caso di elica calettata direttamente sull'albero motore, avrà, logicamente, un'ampiezza doppia del *settore critico* $E V E_1$.

Se indichiamo con φ (fig. 35) l'angolo *FOR*, si comprende facilmente che, variando la posizione del punto *P* secondo i regimi del motore, tale angolo φ può essere minore, uguale o maggiore dell'angolo γ massimo.

La *dispersione massima* si avrà alla massima velocità di rotazione dell'elica, quando, a tale velocità, corrispondano anche dei colpi determinati da tutto il *settore critico*. Allora φ sarà uguale a γ massimo più β .

L'angolo $\varphi = \gamma + \beta$ prende il nome di *settore di dispersione totale*.

L'angolo *ROS*, che indicheremo con σ, prende il nome di *settore di sicurezza*, e rappresenta la distanza angolare del *colpo maggiormente ritardato* dal bordo di entrata della pala d'elica, opposta a quella che ha prodotto lo scatto.

Si avrà:

$$\sigma = 180^\circ - \varphi$$

Il *settore di sicurezza*, in linea generale, non deve essere inferiore ai 90° circa.

ISTALLAZIONE DELLE ARMI A BORDO

Abbiamo già visto che le armi di bordo possono essere ad *istallazione fissa* e ad *istallazione mobile.*

Le armi *mobili* hanno, in generale, un'istallazione a « torretta », ed il sostegno è costituito da un sistema del tipo rappresentato in fig. 36, ove un cerchio mobile, rotando su un cerchio fisso, permette alla mitragliatrice uno spostamento di 360° nel piano orizzontale, mentre l'arma può anche rotare nel piano verticale, offrendo un buon settore anche in depressione.

Fig. 36.

Sono della massima importanza, per le sistemazioni in « *torretta* », la protezione del tiratore dal vento prodotto dalla velocità dell'aereo e la compensazione dell'azione di questo vento sulle armi.

La prima è ottenuta mediante frangivento o con semicupole o cupole di materiale trasparente (figg. 37 e 38).

L'azione compensatrice è affidata generalmente ad un complesso idrodinamico, in modo che al mitragliere non viene richiesto che uno sforzo trascurabile per il tiro e per il puntamento.

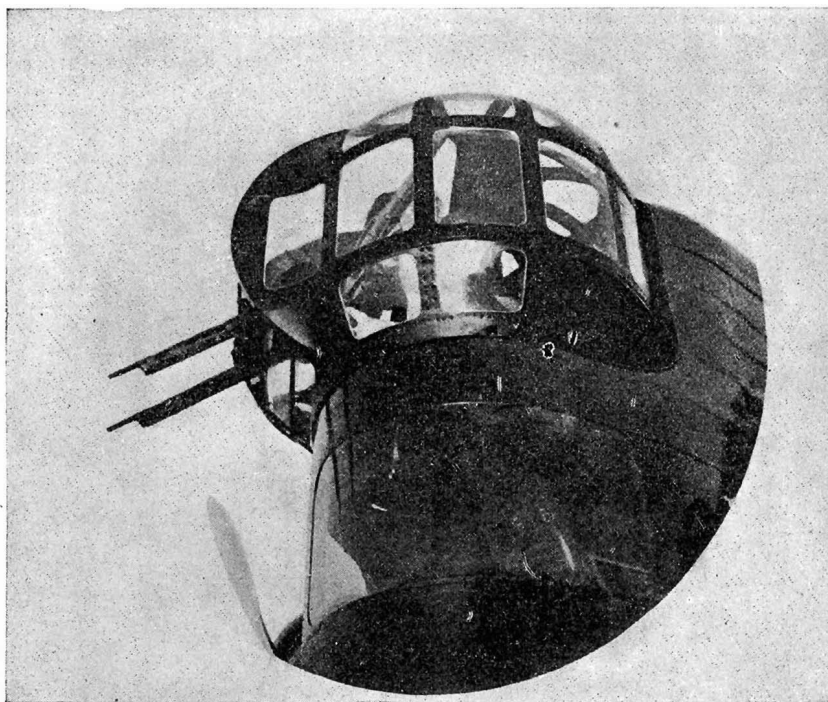



Fig. 37.

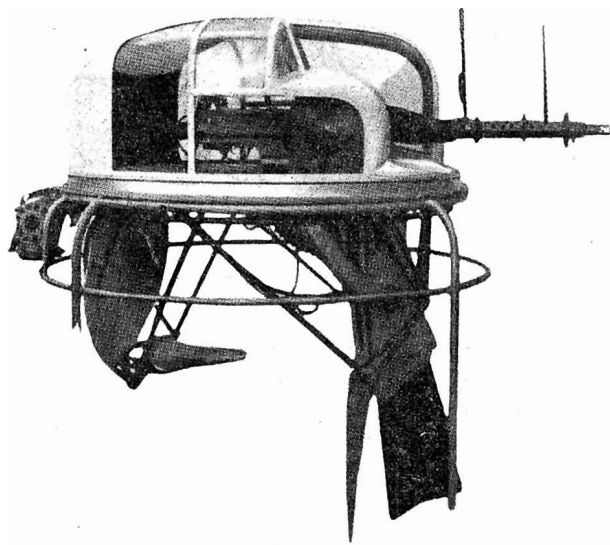



Fig. 38.

Allo scopo di poter rientrare le torrette, le cui sporgenze dal profilo di fusoliera porterebbero sensibilmente ad accrescere le resistenze all'avanzamento dell'apparecchio, sono stati anche realizzati dei meccanismi di scomparsa di esse. Le torrette vengono così fatte sporgere dalle fusoliere solo quando si preveda l'uso delle armi.

L'istallazione a doppio cerchio è di notevole ingombro e non risulta in qualche caso conveniente per mitragliatrici sistemate nella parte inferiore della fusoliera od in prossimità di un'elica. A volte, anzichè un cerchio si ha soltanto un arco di esso; altre volte ancora, il supporto della mitragliatrice è costituito semplicemente da un perno a snodo (figg. 39 e 40).

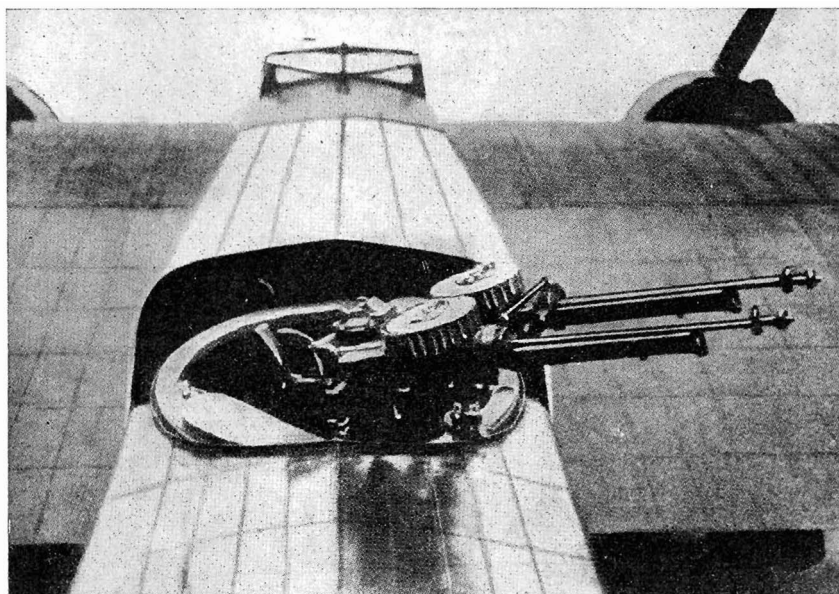



Fig. 39.

Istallazioni di questi tipi si ritrovano spesso in quei velivoli provvisti di due o più postazioni per armi mobili.

Per accrescere l'intensità di fuoco, si ricorre spesso, nelle *istallazioni mobili*, all'*abbinamento* di due mitragliatrici, parallele e con impugnatura unica (figg. 39 - 40 - 41 - 42).

Le *armi fisse* sono generalmente piazzate sui velivoli a mezzo di supporti rigidamente collegati ai longheroni della fusoliera. La specie e la forma di tali supporti variano da tipo a tipo di velivolo: in ogni modo, i supporti debbono permettere di spostare leggermente l'arma, per regolare (a terra) la linea di tiro rispetto all'asse longitudinale del velivolo.

Si manifesta modernamente la tendenza di istallare anche le *armi fisse* di calibro normale (8 ÷ 13 mm.) nell'interno delle ali (fig. 43). In tal caso,

non essendo il cerchio dell'elica più intersecato dalle linee di tiro, si ha il vantaggio di poter eliminare il congegno di sincronizzazione, la cui messa a punto è sempre molto complessa, in special modo con eliche tripale o quadripale.

Fig. 40.

Occorre però osservare che in tal caso si presenta alquanto più complessa la messa a punto delle armi con il collimatore di puntamento. Bisognerà tener

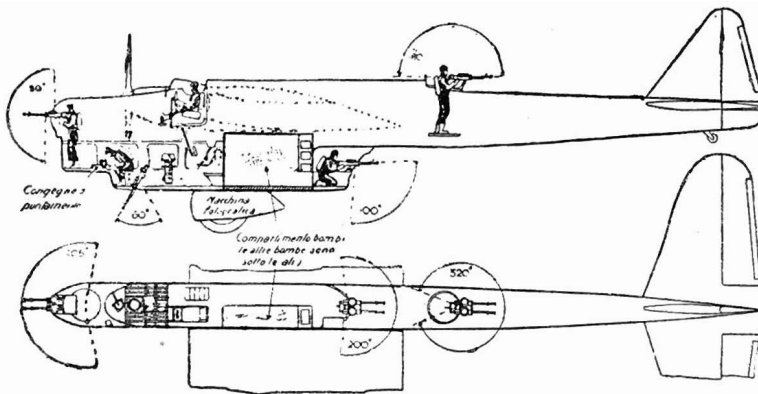



Fig. 41.

conto delle vibrazioni dell'ala in volo, elemento questo che concorre — insieme con altri intuitivi — a far sì che non sia possibile allontanare molto le armi dall'asse longitudinale del velivolo.

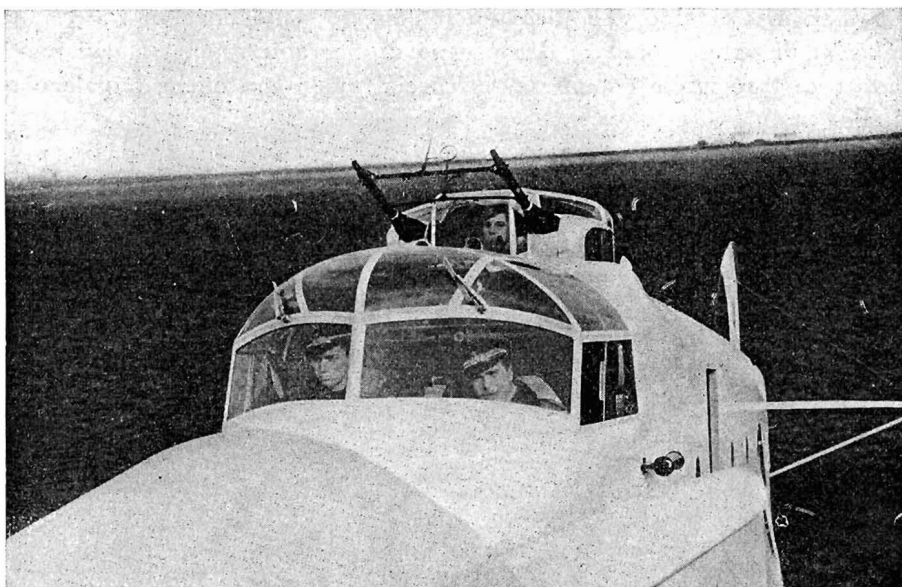



Fig. 42.

Quando si parla di *istallazioni per armi,* s'intende, di solito, non soltanto il supporto dell'arma ma anche quel complesso di parti e di congegni neces-

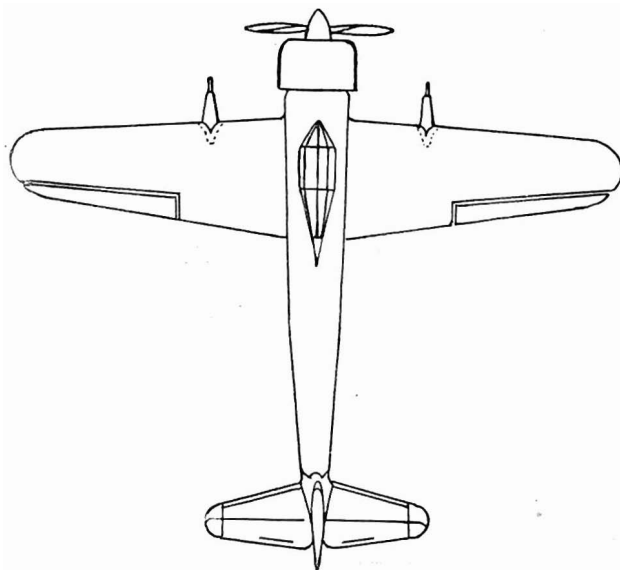



Fig. 43.

sari per il rifornimento delle munizioni, per la raccolta dei bossoli sparati ed in genere tutto ciò che è inerente all'impiego dell'arma in volo. Quindi, le istallazioni comprendono le scatole porta-nastro o porta-caricatori, le cassette

raccogli-bossoli ed il congegno di sincronizzazione. Mentre del congegno di sincronizzazione si è già parlato, non si ritiene di dover descrivere le scatole porta nastro e le cassette raccogli-bossoli, i cui tipi, le cui forme e le cui postazioni variano da velivolo a velivolo e spesso da torretta a torretta, di cui generalmente fanno parte.

Non è del pari il caso, e per ovvie ragioni, di trattare dettagliatamente dell'armamento dei vari apparecchi, in rapporto alle « specialità » ed all'impiego di essi.

Di pari passo con l'aumento dei calibri, vi è stata la generale tendenza, tuttora seguita, di aumentare il numero delle armi, in maniera da ottenere una considerevole potenza di fuoco e da ridurre i settori morti.

Se in passato, sorgeva dapprima l'apparecchio come macchina di volo e solo successivamente veniva ad esso adattato l'armamento, modernamente le necessità delle armi e della potenza bellica del mezzo dettano legge fin dalla progettazione del velivolo ed influenzano anche i concetti costruttivi generali a cui tutta la macchina deve ispirarsi.

Così i velivoli da bombardamento hanno visto aumentare notevolmente il numero delle armi, mentre sono state più razionalmente curate la ripartizione dei carichi e la sospensione delle bombe; nel caso di apparecchi per bombardamento in picchiata, ci si è dovuti soprattutto preoccupare delle caratteristiche aerodinamiche del mezzo e del funzionamento dei freni aerodinamici.

Gli apparecchi da assalto hanno imposto ai costruttori una formula nuova, in rapporto all'armamento ed al particolare impiego dei velivoli destinati a tale specialità.

La « caccia », di pari passo con l'aumento incessante di velocità e quindi di potenza (che ha portato in qualche caso all'adozione del bimotore), ha imposto il problema dell'aumento del numero delle armi (talvolta perfino 6), spesso di calibro diverso nello stesso velivolo. La breve durata delle raffiche utili ha imposto la ricerca affannosa di elevate celerità di tiro anche nelle armi di calibro maggiore.

La vulnerabilità posteriore del velivolo da caccia ha consigliato talvolta di ricorrere, anche per tale specialità, al biposto, armato di mitragliatrici brandeggiabili verso i settori di coda. Non è mancato tuttavia qualche tentativo di soluzione con arma posteriore comandata dal pilota e con mira a mezzo di un congegno di puntamento retrovisivo. Questa vulnerabilità posteriore ha preoccupato anche la difesa passiva, per cui si sono visti apparecchi da caccia con blindamento del seggiolino e dello schienale del pilota.

Le armi di calibro maggiore si sono sempre più affermate anche negli « attacchi al suolo ». I cannoncini di calibro sui 20 m/m si sono dimostrati particolarmente adatti negli attacchi contro impianti delicati, parchi di locomotive, serbatoi, ecc.

MUNIZIONI

Le munizioni impiegate nelle armi da fuoco portatili si chiamano *cartucce.* La cartuccia (fig. 44) si compone delle seguenti parti: *bossolo, cassula* o *innesco, carica, proietto, sostanza lubrificante.*

Bossolo. — Il *bossolo* è un involucro di metallo malleabile e serve:

a) — a riunire i tre elementi principali della cartuccia: *carica, innesco, proiettile*;

b) — a facilitare il trasporto delle munizioni ed il caricamento dell'arma;

c) — a dare la chiusura ermetica della culatta all'atto dello sparo, aderendo contro le pareti della *camera* e la *testa dell'otturatore.*

Deve essere costruito con metallo dilatabile, in maniera che con la pressione dei gas possa, all'atto dello sparo, costituire una chiusura ermetica e, cessata detta pressione, ritornare nelle condizioni primitive per non rendere difficile l'estrazione del bossolo vuoto. Normalmente il bossolo è di ottone (lega di rame e zinco).

Il bossolo metallico ha l'inconveniente di rappresentare un peso morto e di rendere elevato il prezzo della cartuccia. Tentativi fatti per ottenere *bossoli combustibili* (Männlicher, Benedetti, ecc.) non hanno dato però buoni risultati.

Il *bossolo* presenta un profilo a bottiglia, generalmente formato da un tratto cilindrico o leggermente tronco-conico, detto *corpo,* da un tratto cilindrico di minore diametro e lunghezza, detto *colletto,* e da un *fondello* circolare che chiude il corpo inferiore.

Cassula od *innesco.* — La *cassula* è un vasetto di rame o di ottone che si applica al bossolo e che, contenendo una sostanza detonante (1), produce all'urto l'infiammazione della carica contenuta nel bossolo. Essa è generalmente posta al centro del fondello e viene forzata in un apposito alveo detto

(1) Per le cartucce italiane, circa gr. 0,055 di una miscela detonante, contenente il 60 % di *fulminato di mercurio,* il 25 % di *clorato di potassio* ed il 15% di *solfuro d'antimonio.* La miscela detonante viene compressa, in modo che aderisca alle pareti della cassula, e viene protetta dall'influenza dell'atmosfera e dalle screpolature mediante un sottile strato di vernice gommosa.

porta-cassula. Questo *porta-cassula* ha una parete foggiata a punte e provvista di forellini, detta *incudinetta*: il percussore, urtando il fondo della *cassula*, schiaccia la materia detonante contro l'*incudinetta*, ed attraverso i forellini viene così a prodursi l'infiammazione della carica contenuta nel bossolo.

Carica. — La *carica* è costituita da esplosivi infumi, generalmente *solenite, cordite* ecc. Le principali condizioni alle quali deve rispondere una buona *carica* sono le seguenti: grande potenza balistica, piccola forza dilaniatrice, temperatura di combustione non molto elevata, piccolo potere erosivo, combustione progressiva, inalterabilità all'azione degli agenti atmosferici.

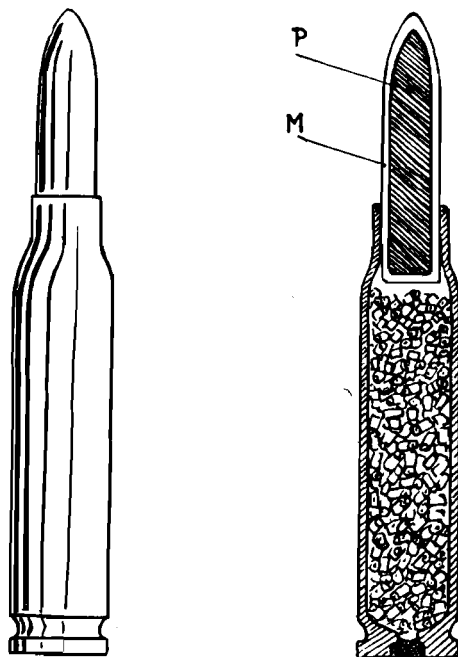



Fig. 44.

Proietto. — Il *proietto,* detto anche *pallottola,* è il corpo destinato ad offendere.

Abbandonati da tempo i proiettili sferici, sono stati adottati i proietti oblunghi, generalmente a forma cilindrico-ogivale, che si avvicina abbastanza a quella di minima resistenza. I proietti di tale forma presentano, rispetto a quelli sferici, i seguenti vantaggi: minore ritardazione per effetto della resistenza dell'aria; minore coefficiente di forma, al quale è proporzionale la resistenza stessa; una maggiore attitudine alla penetrazione nei mezzi resistenti, sia per la forma, sia per la maggior forza viva a parità di superficie percossa. Il proiettile consta generalmente di due parti essenziali: il *nocciolo* e l'*incamiciatura.* Il *nocciolo,* indicato con *P* nella figura 44, è, di solito, di piombo, per ottenere proiettili di maggior peso. L'*incamiciatura* (fig. 44 — *M*)

è di metallo più resistente (di solito lega di rame e nichel, detta *maillechort*) e serve ad evitare la deformazione e lo sfasciamento del proiettile di piombo contro bersagli resistenti, nonchè ad impedire l'impiombatura della canna, cioè il deposito di particelle di piombo fuso, che in breve riempirebbe le righe. L'incamiciatura può esser fatta anche in acciaio dolce, che però deve essere nichelato per impedirne l'ossidazione (1).

Il *nucleo* o *nocciolo* (piombo in lega con una piccolissima percentuale di antimonio) non viene colato nell'*incamiciatura,* ma viene introdotto a pressione, per ottenere maggiore densità ed omogeneità.

Il *proietto* ha un diametro leggermente superiore a quello dell'arma: esiste cioè un *forzamento iniziale,* che permette al proietto di plasmarsi nelle righe e di assumere il movimento di rotazione, evitando del pari sfuggite di gas fra il proietto e l'anima dell'arma.

Il *proietto* è formato da una *parte centrale,* generalmente cilindrica, da un *fondello,* piano o leggermente concavo, e da una parte anteriore appuntita, detta *ogiva.*

Sostanza lubrificante. — La *sostanza lubrificante,* con la quale si spalma esternamente il proiettile, serve a diminuire l'attrito fra il *proietto* e l'*anima.*

CARTUCCE SPECIALI.

Un'arma automatica, destinata all'impiego aereo, per tendere a danneggiare seriamente il bersaglio colpito, deve avere grande potenza del colpo isolato. Inoltre, data la necessità di perforare organi particolarmente resistenti, di provocare la combustione di parti colpite, di poter rapidamente aggiustare il tiro, la cartuccia ordinaria non sempre si presta ai vari scopi ed è quindi necessario che il munizionamento delle armi aeree comprenda alcune cartucce speciali, ciascuna delle quali abbia particolari requisiti per rispondere a particolari necessità.

Si costruiscono, pertanto:

a) — *cartucce a pallottola perforante,* destinate a perforare gli organi metallici più resistenti dei velivoli e le corazze di acciaio speciale, di tre o quattro millimetri di spessore, con le quali si tende a blindare le parti più vitali degli apparecchi;

b) — *cartucce a pallottola incendiaria,* destinate a comunicare il fuoco nei punti colpiti (serbatoi di benzina nei velivoli, idrogeno di dirigibili e di palloni osservatori, depositi di carburanti, covoni di messi, ecc.);

---

(1) L'incamiciatura incompleta, od anche semplici intagli all'ogiva, permettono la facile deformazione del nucleo di piombo all'urto contro bersagli anche poco resistenti, dando così luogo sull'uomo a ferite lacerate e di difficile guarigione (pallottole dum-dum).

c) — *cartucce a pallottola luminosa - tracciante,* destinate a rendere visibile, sia di giorno che di notte, la traiettoria percorsa dal proiettile, e servire così di guida nell'aggiustamento del tiro.

Data la necessità di raggruppare, per quanto possibile, in un unico tipo le doti che, di volta in volta e nei vari casi, si richiedono ai proietti, sono state costruite anche delle cartucce a pallottola mista, quali la *luminosa-incendiaria* e la *perforante - luminosa - incendiaria.*

In generale, le *cartucce speciali* differiscono da quelle *ordinarie* soltanto nel proiettile.

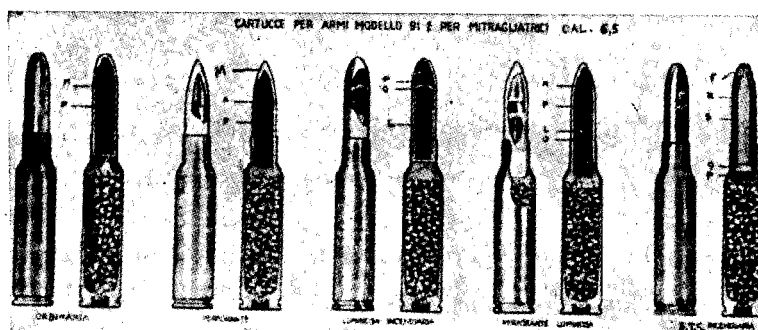



Fig. 45.

Cartuccia a pallottola perforante (fig. 45). — E' composta di un nucleo *A*, molto acuminato, di acciaio speciale temperato, di un bossolo *P* di piombo che fascia la parte inferiore del nucleo e di un rivestimento *M* di maillechort, di maggior spessore nella parte superiore, per evitare il rimbalzo del proietto e per favorirne la penetrazione. Questo proiettile perfora, fino alla distanza di 700 m., una lamiera di mm. 4 di acciaio al nichel.

Cartuccia a pallottola incendiaria B.T.S. (figg. 45 e 46). — E' costituita da un involucro di rame *R*, contenente fosforo bianco *S*. Inferiormente il proietto è chiuso da un cilindretto di ottone *O*, seguìto da un altro cilindretto di piombo *P*. Nell'ogiva sono praticati due fori *F*; detti fori sono chiusi da metallo fusibile.

Partito il colpo, il calore prodotto dall'attrito lungo l'anima fonde il metallo dei fori *F* ed incendia il fosforo, la cui fiamma, uscendo dai fori liberi, comunica il fuoco alle sostanze con le quali viene a trovarsi a contatto.

La scìa, che ha inizio a circa 20 ÷ 50 metri dalla bocca dell'arma, è anche fumogena e leggermente luminosa.

Cartuccia a pallottola luminosa (fig. 46). — E' costituita da una incamiciatura di maillechort, contenente un'ogiva di piombo *P* ed un bossolo di ottone *O* ripieno di miscela luminosa *L* (in generale magnesio ed alluminio più

un comburente) che all'atto della deflagrazione della carica viene da questa incendiata attraverso un apposito foro.

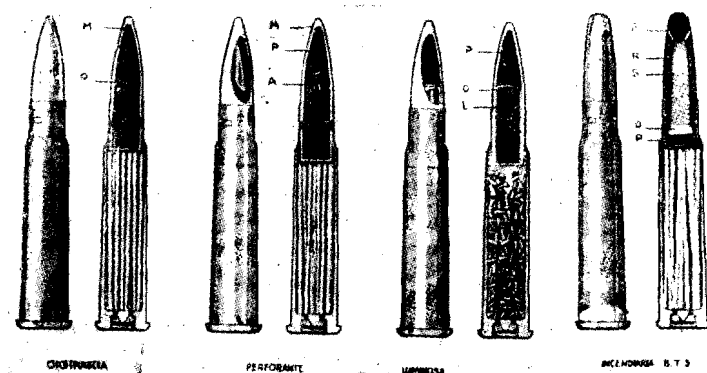



Fig. 46. — Cartucce per armi calibro 7,7.

Cartuccia luminosa incendiaria (fig. 45). — Il proietto è leggermente più lungo di quello della cartuccia ordinaria ed ha il rivestimento esterno di maillechort. La parte ogivale contiene un nucleo di piombo *P*, mentre quella cilindrica porta un cilindretto di ottone *O* contenente una miscela luminosa incendiaria *L*, che può essere di vari tipi. Il cilindretto *O* è chiuso nella parte inferiore da un innesco speciale, che accende la miscela e lascia poi libero il foro per la scìa.

La luce prodotta è intensa e la scìa è molto appariscente. La temperatura oltrepassa i 2500° e perciò la pallottola ha grande potere incendiario.

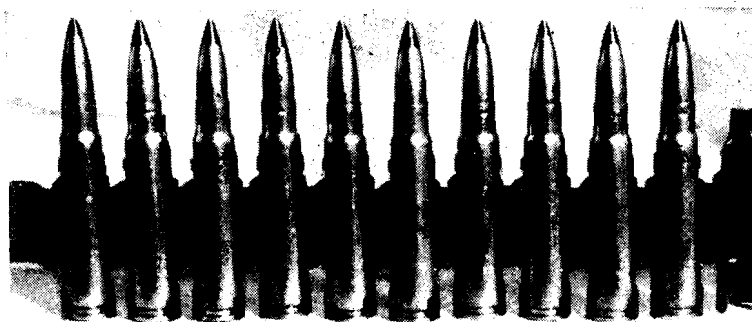



Fig. 47. — Cartucce per armi terrestri cal. 8 con alimentazione a nastro metallico.

Cartuccia perforante luminosa incendiaria (fig. 45). — E' costituita da un rivestimento esterno di maillechort, da un nucleo di acciaio speciale *A* (fasciato nella parte inferiore da un bossoletto di piombo *P*) e da un tubetto *O* di ottone, contenente la miscela luminosa incendiaria *L*. Il funzionamento è identico alla luminosa incendiaria; vi è in aggiunta l'azione perforante.

Le cartucce incendiarie non vanno mai lasciate nella canna.

Nelle figg. 45 e 46, per rendere più chiara l'interpretazione, vengono usate sempre le stesse lettere per indicare uguali sostanze.

Come già abbiamo avuto occasione di accennare, si tende ad avere nel tiro aereo la maggior potenza possibile del colpo singolo.

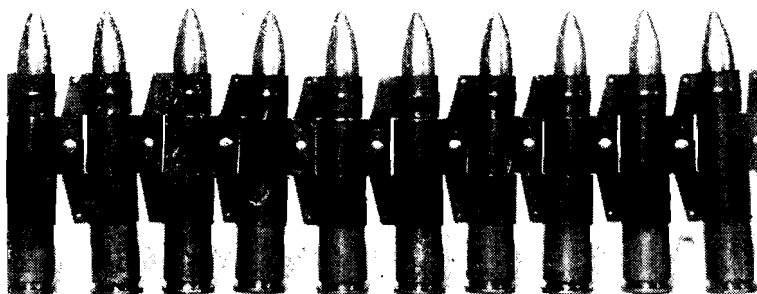



Fig. 48. — Nastro ad elementi metallici con cartucce ordinarie cal. 12,7.

Ciò ha portato di conseguenza all'aumento dei calibri ed alla generale adozione di cartucce speciali, soprattutto con *proietti traccianti* (a scìa luminosa ben visibile anche di giorno e contro sole, per agevolare l'aggiustamento del tiro) e con *proietti esplodenti* o *incendiari*, producenti danni gravi anche là dove il proiettile ordinario non determinerebbe che semplici perforazioni.

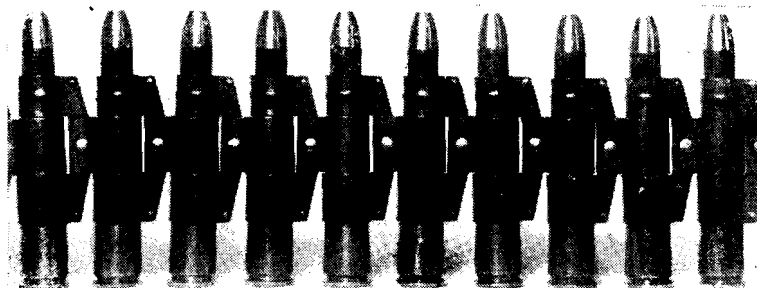



Fig. 49. — Nastro ad elementi metallici con cartucce speciali cal. 12,7.

Tuttavia, l'aumento dei calibri, comportando aumento di peso e di dimensioni delle cartucce, riduce il numero dei colpi in dotazione, in volo, a ciascuna arma. Questo elemento, unitamente alle notevoli difficoltà tecniche (peso delle armi di calibro maggiore, idonee installazioni, assorbimento del rinculo ecc. ecc.) ostacola non soltanto la generale adozione dei cannoncini che pure presentano vari vantaggi (maggior potenza del colpo singolo, maggiore velocità iniziale, traiettoria più tesa, tiro più esatto, possibilità di fuoco a distanza maggiore, proietti esplodenti più potenti ed a maggior raggio d'azione) ma divide ancora in due campi i fautori dei cannoncini e delle mitragliatrici.

Si può in ogni modo ritenere che le mitragliatrici di calibro compreso fra 8 e 13 millimetri risultino le più idonee, giacchè, mentre non raggiungono gli svantaggi dei cannoncini, presentano, d'altro canto, cartucce speciali soddisfacenti per l'impiego. Verso tali calibri, oltrechè il tiro aereo, si orientano anche le mitragliatrici pesanti terrestri e le mitragliatrici contro-aerei.

La fig. 47 riproduce le cartucce per armi terrestri cal. 8, mentre le figg. 48 e 49 rappresentano rispettivamente le cartucce ordinarie e le cartucce speciali per armi cal. 12,7. Come si vede dalle figure, l'alimentazione delle armi è a nastro, costituito da elementi metallici.

ESERCITAZIONI DI TIRO

Nel tiro, oltre ad una conoscenza perfetta delle armi e dei meccanismi, occorre soprattutto un addestramento graduale e pratico, che porti il tiratore ad un proficuo impiego delle armi di bordo e conduca al desiderabile rendimento. E' quindi necessario che il personale si eserciti al tiro, in maniera da ottenere poi i migliori risultati nel combattimento. Ma questo addestramento non si presenta facile, per il fatto che è impossibile, per quanto si è visto parlando del puntamento, riprodurre tutte le vere condizioni del combattimento aereo.

Il personale viene inizialmente addestrato al tiro con armi a terra e con armi istallate su aerei fermi. Successivamente vengono fatte compiere varie esercitazioni in volo, quali tiro contro bersaglio fisso (palloncino ancorato, sagoma di velivoli ecc.) e tiri contro bersaglio mobile (ombra dell'apparecchio su specchio d'acqua, bersaglio trascinato da nave, manica rimorchiata da un velivolo, piccoli paracadute, speciali palloncini, ecc.).

Queste esercitazioni, per quanto indispensabili alla preparazione graduale del tiratore ed utili a dare la necessaria conoscenza del funzionamento delle armi durante il volo — in maniera che il personale si renda pronta ragione del funzionamento delle mitragliatrici, dei vari inceppamenti e della maniera di evitarli e di rimediarvi — sono pur tuttavia ben lontane dal riprodurre al vero le varie fasi e tutte le necessità del combattimento aereo e della condotta del tiro.

E' stato quindi necessario ricorrere a dei mezzi che, riproducendo per quanto possibile le fasi della situazione reale, consentissero di determinare, con sufficiente esattezza, il grado di precisione raggiunto dal personale nel puntamento e nella condotta dell'azione.

Si è ricorso così alla fotografia. Sono state costruite dapprima macchine fotografiche di forma e funzionamento speciali, le quali, sostituite alle mitragliatrici aeree, servivano ad addestrare il mitragliere od il pilota — a seconda che poste sulle istallazioni per armi mobili o per armi fisse — a puntare contro un altro velivolo, eseguendone una fotografia reticolata che forniva i dati per studiare il centramento del tiro.

Tali macchine si dimostrarono però non rispondenti allo scopo, perchè, non essendo in grado di fare che poche fotografie ed a intervalli piuttosto lunghi, non potevano dare un'idea molto esatta dei risultati del tiro. L'efficacia del tiro con una mitragliatrice è basata sul complesso di un certo numero di colpi (raffica) e non sul colpo singolo, mentre la macchina fotografica non

era in grado di fare una fotografia per ogni colpo che sarebbe stato sparato dall'arma. Per vedere quindi se il puntamento era stato esatto, occorreva, una volta sviluppata la pellicola, eseguire particolari calcoli di correzione, tenendo conto del tempo che avrebbe impiegato il proiettile a raggiungere il bersaglio e dell'intervallo di presa fra due fotografie successive. Tali calcoli, lunghi e difficili, inducevano spesso ad errori più sensibili degli stessi errori del puntamento.

Per evitare gli inconvenenti ai quali dà luogo la macchina fotografica, sono stati adottati speciali apparati cinematografici da presa, detti *fotomitragliatrici.*

La *fotomitragliatrice* non è altro che una macchina cinematografica di opportuna forma, azionata da un motore, e capace di impressionare successivi fotogrammi con la stessa cadenza di tiro di una mitragliatrice. Nel campo del fotogramma appare un reticolo formato da due fili, il cui incrocio determina la posizione del bersaglio — all'atto del puntamento — rispetto alla linea di mira e permette, mediante speciali tabelle, di poter controllare, sulla pellicola sviluppata, la precisione del tiro eseguito.

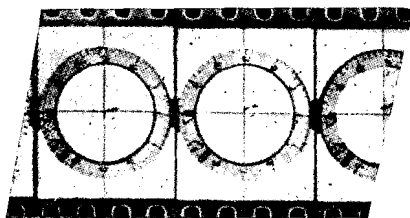



Fig. 50.

La *fotomitragliatrice* viene impiegata adoperando il congegno di puntamento per armi ad istallazione mobile o quello per armi ad istallazione fissa, secondo che essa sostituisca l'uno o l'altro tipo di mitragliatrice. Bisogna tener presente che non è possibile la correzione dell'errore dovuto alla velocità propria, correzione del resto inutile a controllare, giacchè, come abbiamo visto, essa si compie automaticamente. Il mirino orientabile dovrà essere dunque sostituito dal mirino fisso. Si otterrà invece il controllo della correzione più complicata — errore bersaglio — poichè il tiratore effettuerà le fotografie del bersaglio nel momento in cui, avendo creduto di mirar giusto, avrebbe sparato.

La *fotomitragliatrice* sostituisce l'arma vera in tutti quei casi nei quali, a scopo addestrativo, è necessario avere un bersaglio mobile e reale, manovrante a sua volta in offesa e difesa. E' opportuna quindi anche la registrazione oraria del combattimento.

Infatti, nello stesso fotogramma (fig. 50) viene riprodotto il bersaglio e l'immagine di un cronometro con contasecondi. Facendo scattare simultaneamente i cronometri posti nelle fotomitragliatrici di due velivoli partenti in esercitazione di combattimento simulato, si potrà poi stabilire quale dei due

apparecchi avrebbe colpito l'altro in ordine di tempo, mentre l'esame dei singoli fotogrammi permetterà di ricostruire le varie fasi del combattimento.

Le *fotomitragliatrici* possono essere azionate a *molle*, ad *accumulatore elettrico*, a *mulinello aerodinamico* (quest'ultimo tipo è per sole armi ad istallazione fissa).

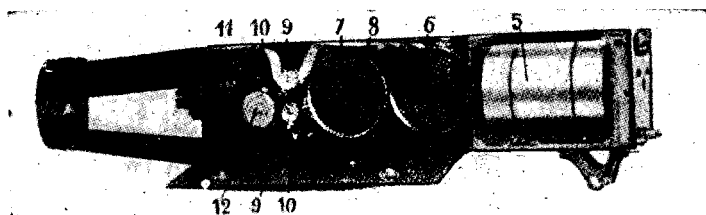
Poichè i vari sistemi per imprimere il movimento alla fotomitragliatrice non ne modificano la struttura essenziale, descriveremo sommariamente un solo tipo e precisamente la *fotomitragliatrice a molla*. Essa è azionata da un gruppo motore costituito da quattro robuste molle (fig. 51) contenute in quattro tamburi montati sopra un unico asse.

5. Gruppo molle - 6. Scatola magazzino (pellicola vergine) - 7. Scatola di recupero (pellicola impressionata) - 8. Contatto elettrico dell'avvisatore - 9. Rulli di trascinamento - 10. Rulli di pressione - 11. Piano di pressione della pellicola - 12. Sistema eccentrico per il cambio dei fotogrammi.

Fig. 51.

Ha la capacità di 30 m. di pellicola, corrispondente a 1600 fotogrammi circa. E' provvista di due sistemi ottici, di un cronometro al decimo di secondo, del regolatore di velocità, del contatore fotogrammi eseguiti e dell'avvisatore elettrico fine pellicola.

Nel campo del fotogramma (fig. 50) appare il reticolo ed una corona circolare, immagine dell'estremità del cronometro.

I due obbiettivi sono uno interno e l'altro esterno. Quest'ultimo serve per l'impressione del bersaglio, mentre l'altro serve per l'impressione del cronometro (fig. 52).

Il piano immagine è costituito da due finestre di forma speciale e diversa, disposte l'una al di sopra dell'altra e coprenti la superficie di due fotogrammi. La finestra superiore, delle dimensioni di un fotogramma, porta il reticolo ed una corona circolare, la quale serve per occultare una corrispondente superficie di pellicola quando avviene l'impressione dell'immagine bersaglio. La finestra inferiore, invece, permetterà l'impressione dell'immagine dell'estremità del cronometro sulla corona circolare rimasta precedentemente occultata; la protezione dell'immagine del bersaglio, prima ottenuta, è data dalla stessa massa dell'orologio.

Nella parte anteriore della fotomitragliatrice si trovano l'obbiettivo per la ripresa del bersaglio ed il cronometro montato su quadrante trasparente.

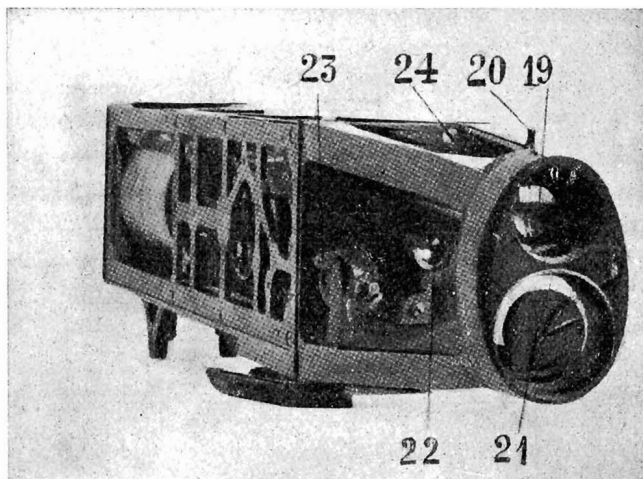
L'istallazione varia a seconda del tipo di velivolo ed a seconda che la fotomitragliatrice debba sostituire un'arma fissa od un'arma mobile. In quest'ul-

19. Obbiettivo per l'impressione del bersaglio - 20. Comando esterno del diaframma - 21 Cronometro - 22. Obbiettivo per l'impressione del cronometro - 23. Estremità della leva di comando azionante sul regolatore - 24. Viti di fissaggio della testata al corpo centrale dell'arma.

Fig. 52.

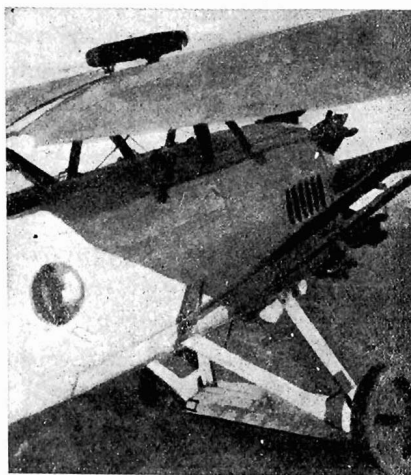



Fig. 53.

timo caso, viene piazzata in « *torretta* », dopo aver fissato all'estremità posteriore della fotomitragliatrice una speciale piastra con impugnature per brandeggio. Nel primo caso, viene, di solito, istallata su un'ala, mediante appositi supporti (fig. 53).

In tale posizione, risultando distante dal pilota, occorre sistemare il collegamento a frenello, che ne permette il comando a distanza. Inoltre, si deve portare a coincidere, prima del volo, la linea di mira della fotomitragliatrice con la linea di mira del collimatore: per far ciò, si mette il velivolo in linea di volo e si punta col collimatore un bersaglio fisso, alla distanza di 250 m. circa; si ripete poi l'operazione di puntamento, servendosi della linea di mira della fotomitragliatrice. Gli spostamenti di registrazione, sia in senso verticale che orizzontale, saranno ottenuti agendo su alcune viti dei supporti di fissaggio.

In alcuni casi si rende inutile la registrazione cronometrica dei colpi. Vengono allora impiegate *fotomitragliatrici semplici,* le quali differiscono da quella descritta solo per la mancanza del cronometro e per l'assenza del sistema ottico per la registrazione del tempo.

Nel fotogramma (fig. 54) si ha soltanto il reticolo, senza l'immagine della corona circolare del cronometro.

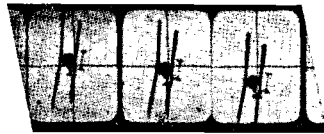



Fig. 54.

Il peso delle *fotomitragliatrici semplici* è leggermente minore di quelle cronografiche ed i vantaggi sono rappresentati soprattutto dal minor costo e dal maggior spazio disponibile su ogni fotogramma.

La necessità di ottenere istallazioni tali da permettere il rapido cambio fra le armi reali e le fotomitragliatrici, e soprattutto le elevate velocità dei moderni velivoli (ciò che eleva di conseguenza le reazioni aerodinamiche delle parti esposte al vento e quindi incide sull'equilibrio e sul movimento delle « torrette ») ha condotto a costruire, per le istallazioni mobili, le fotomitragliatrici in modo da riprodurre, il più fedelmente possibile, una mitragliatrice vera.

Sono state perciò realizzate, per le « torrette », fotomitragliatrici che mantengono presso a poco le stesse dimensioni, la stessa forma generale, lo stesso sistema di attacco, la medesima superficie esposta alla resistenza dell'aria, di un'arma reale (fig. 55).

Tali macchine sono, generalmente, delle *fotomitragliatrici semplici.* L'obbiettivo è di tipo telescopico, ciò che ha permesso di dare alla canna la lunghezza richiesta, ben maggiore di quella consentita da un normale obbiettivo di pari distanza focale (di solito $F = 200$ m/m). Il meccanismo motore è costituito da un caricatore, a molle, intercambiabile, il quale limita a 100 la scarica dei fotogrammi (ciò abitua il tiratore a fare economia di colpi), mentre la fotomitragliatrice ha una capacità totale di m. 40 di pellicola cinematografica di 35 m/m, cui corrispondono circa 2000 fotogrammi.

Per le esercitazioni di tiro, la macchina di questo tipo viene abbinata ad un'arma vera, nelle torrette binate, o viene sostituita alla mitragliatrice nelle

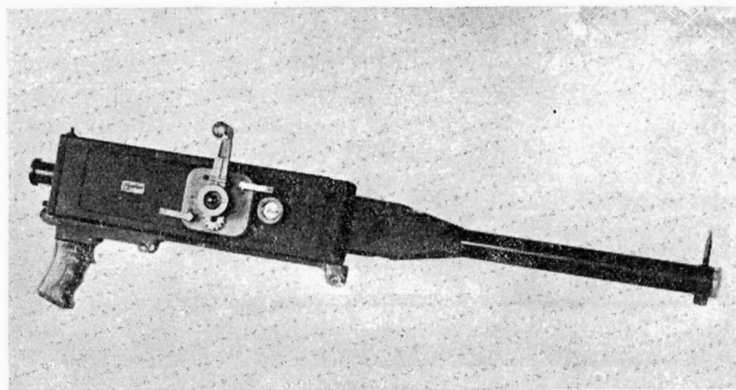



Fig. 55.

postazioni singole (fig. 56). Nelle postazioni binate, è il sistema di mira della postazione stessa che serve anche per la fotomitragliatrice. Quando invece la fotomitragliatrice è destinata a postazioni singole, il sistema di mira si compone di un'asta ribaltabile, posta sull'estremità anteriore della canna, e di una tacca, posta sulla culatta della macchina.

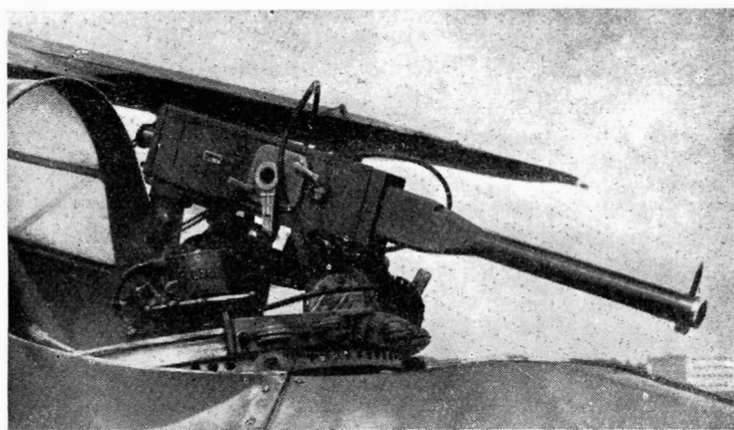



Fig. 56.

Apposite tabelle permettono di riportare l'esercitazione al tiro reale, tenendo conto del tempo che impiegherebbe un proiettile a coprire la distanza di tiro.

CAPITOLO III

TIRO DI CADUTA

GENERALITA'

Per *tiro di caduta* s'intende quel tiro effettuato da un velivolo, determinando la caduta, al momento opportuno, di speciali proiettili, dette *bombe*.

Se da un corpo supposto fermo si lasciasse cadere una bomba, questa, soggetta alla sola legge di gravità, descriverebbe una traiettoria verticale.

Ma, nel caso del tiro da un aereo, all'atto dello sgancio, la bomba è animata dalla stessa velocità V del velivolo. Il moto di caduta del proietto risulta quindi composto di un moto orizzontale dovuto alla velocità dell'apparecchio e di un moto verticale, a velocità crescente, dovuto all'azione della gravità. La bomba seguirà pertanto una traiettoria risultante dalle due velocità, e questa *traiettoria* sarà una linea curva simile ad una parabola.

In un primo tratto, la traiettoria descritta da una bomba si presenta molto curva, perchè essa risente maggiormente della velocità del velivolo; successivamente, per il predominio della gravità, tale influenza è sempre meno sentita e quindi la curvatura va diminuendo e la traiettoria tende a diventare rettilinea ed a confondersi con la verticale (fig. 57).

Nella figura 57, OBA rappresenta la *traiettoria* della bomba; O l'*origine della traiettoria* e V la velocità dell'aereo all'istante dello sgancio (questa velocità potremo anche chiamarla *velocità iniziale della bomba*).

Si definiscono:

Punto di arrivo (A): il punto d'incontro della traiettoria con la superficie terrestre.

Punto di imbatto (B): il punto in cui la traiettoria incontra un ostacolo.

Gittata (X): la distanza orizzontale fra il punto di imbatto e la verticale condotta dall'origine della traiettoria.

Tempo di caduta (T): il tempo che intercorre fra l'istante dello sgancio e l'istante di arrivo della bomba.

Quota relativa (Q): la distanza verticale fra il velivolo ed il punto di arrivo.

Piano di tiro (rappresentato nella fig. 57 dal piano del foglio): il piano verticale contenente la direzione della velocità iniziale della bomba.

Linea di tiro (OA): la retta che unisce l'origine della traiettoria con il punto di arrivo.

Angolo di tiro (α): l'angolo formato dalla linea di tiro con la verticale passante per l'origine della traiettoria. Esso vien chiamato anche *angolo di puntamento.*

Normalmente il punto di arrivo ed il punto di imbatto si considerano coincidenti.

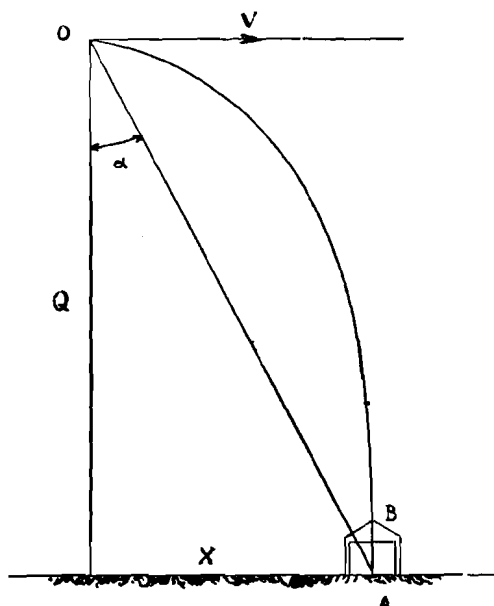



Fig. 57.

Nel tiro di caduta, per colpire un bersaglio — analogamente a quanto abbiamo visto nel tiro di lancio — è necessario che la traiettoria descritta dal proiettile passi per il bersaglio stesso. Occorre dunque un *puntamento in direzione* ed un *puntamento in gittata*: il primo si ottiene facendo passare per il bersaglio il piano di rotta del velivolo; il secondo consiste nello sganciare la bomba un certo tempo prima che l'aereo sia giunto sulla verticale del bersaglio.

Il puntamento, nel tiro di caduta, si compie per mezzo di speciali congegni, chiamati *traguardi di puntamento.*

Il *puntamento in direzione* viene effettuato con manovre di pilotaggio; se il controllo della rotta viene compiuto dal puntatore, questi, a mezzo di opportuni sistemi di collegamento, deve comunicare le eventuali correzioni al pilota.

Il *puntamento in gittata,* a parità di altre condizioni, dipende dalla quota relativa e dalla velocità dell'aereo, giacchè, per quanto si è detto parlando della traiettoria, è intuitivo che bisogna effettuare lo sgancio della bomba prima che l'aereo sia giunto sulla verticale del bersaglio e tanto prima quanto maggiore è la velocità dell'apparecchio e quanto più elevata è la quota alla quale il velivolo si trova.

I principali fattori che influiscono sulla caduta di un proiettile sono:

a) — *Velocità iniziale* (uguale alla velocità del velivolo nell'istante dello sgancio);

b) — *quota;*

c) — *caratteristiche aerodinamiche della bomba;*

d) — *velocità del vento;*

e) — *eventuale velocità del bersaglio.*

La resistenza dell'aria, che, come abbiamo visto, influenza il movimento dei proiettili di lancio, dà luogo ad azioni di notevole entità anche sui proiettili di caduta. Queste azioni sono tutt'altro che trascurabili, perchè modificano l'andamento della traiettoria e rendono più complessi i problemi di tiro.

Rispetto a quello che accadrebbe nel caso teorico del vuoto (1), la resistenza dell'aria produce:

1°) - una diminuzione della *velocità di caduta del proietto;*

2°) - un aumento del *tempo di caduta del proietto;*

---

(1) Lo studio del tiro di caduta nel vuoto, dato lo scopo del presente manuale, non è stato ritenuto indispensabile. Tuttavia, per gli allievi in possesso di maggiori cognizioni, si reputa opportuno riportare qui di seguito, in maniera sommaria, le leggi che regolerebbero il movimento del proiettile nel vuoto, giacchè queste leggi servono di base allo studio teorico del movimento della bomba nell'aria ed, in alcuni aspetti particolari, si possono ritenere applicabili al tiro reale.

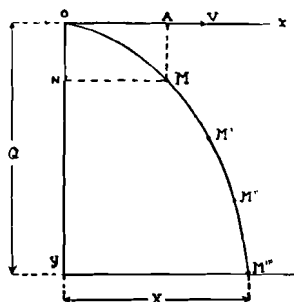



Fig. 58.

Immaginiamo (fig. 58) che la $O\,M\,M'\,M''\,M'''$ rappresenti la traiettoria della bomba nel vuoto. Dopo un tempo t, contato a partire dalla origine, il velivolo, che ha sganciato il proietto nel punto O, si troverà in A tale che $O\,A = V\,t$, dove V indica la velocità del-

3°) - una diminuzione della *gittata del proietto*, perchè la traiettoria effettiva viene a trovarsi arretrata rispetto alla traiettoria teorica nel vuoto;

4°) - una diminuzione dell'*angolo di tiro*, quale conseguenza della diminuita gittata.

Consideriamo la figura 59. Nell'istante in cui il proiettile, sganciato dal punto O, avrebbe raggiunto nel vuoto il punto A, il proietto stesso avrà invece raggiunto A' della traiettoria effettiva; quando il proiettile nel vuoto sarebbe giunto in B, la bomba si troverà effettivamente in B'. Nell'istante T (contato a partire dal momento dello sgancio), nel quale il proietto avrebbe raggiunto nel vuoto il punto di arrivo C, il proietto stesso (sempre per effetto della resistenza dell'aria) si troverà invece in un punto C', ancora distante dal suolo, mentre l'aereo, avendo conservato la velocità V che aveva al momento dello sgancio della bomba, avrà effettivamente raggiunto il punto O', situato sulla verticale condotta da C.

L'effetto ritardatore della resistenza dell'aria dipende:

a) - dal peso del proietto;

b) - dalla sezione maestra del proietto;

c) - dalla forma del proietto;

d) - dalla densità degli strati d'aria attraversati;

e) - dalla velocità di caduta.

---

l'aereo al momento dello sgancio; la bomba, dopo il tempo t, sarà nel punto M, tale che $AM = \frac{1}{2} g t^2$.

Nel vuoto, la velocità orizzontale della bomba, uguale a quella del velivolo, rimane costante per tutto il tempo di caduta. Ne consegue che «il velivolo e la bomba, durante tutto il tempo di caduta, si trovano sempre sulla stessa verticale». Nella rappresentazione ad assi ortogonali: $x = V t$ ed $y = \frac{1}{2} g t^2$. Il punto di caduta M''' verrà raggiunto dopo trascorso il tempo T (tempo di caduta). Quindi, per il punto M''', avremo che $y = \frac{1}{2} g T^2$; e poichè y è uguale a Q (quota relativa), si può scrivere che $Q = \frac{1}{2} g T^2$, da cui si ricava $T = \sqrt{\frac{2Q}{g}}$: questa espressione ci dice che «il tempo di caduta è indipendente dal valore della velocità iniziale e varia esclusivamente con la quota».

Sempre per il punto M''', la x è uguale alla gittata X. Possiamo allora scrivere $X = V T$ e, sostituendo a T il valore precedentemente ottenuto, si avrà $X = V \sqrt{\frac{2Q}{g}}$, cioè «la gittata è direttamente proporzionale alla velocità iniziale ed alla radice quadrata della quota».

La tangente dell'angolo di tiro α è data dal rapporto fra la gittata e la quota. Avremo cioè $tg\,\alpha = \frac{X}{Q}$ da cui, sostituendo ad X l'espressione precedentemente ottenuta, $X = V\sqrt{\frac{2Q}{g}}$ si otterrà: $tg\,\alpha = V \sqrt{\frac{2}{gQ}}$ il che ci dice che «l'angolo di tiro è direttamente proporzionale alla velocità iniziale ed inversamente proporzionale alla radice quadrata della quota».

La resistenza dell'aria cresce in ragione del quadro della velocità (1) risultante W del proiettile: tale velocità risultante è determinata in ogni istante dalla composizione della velocità V del velivolo con la velocità verticale di caduta V_g.

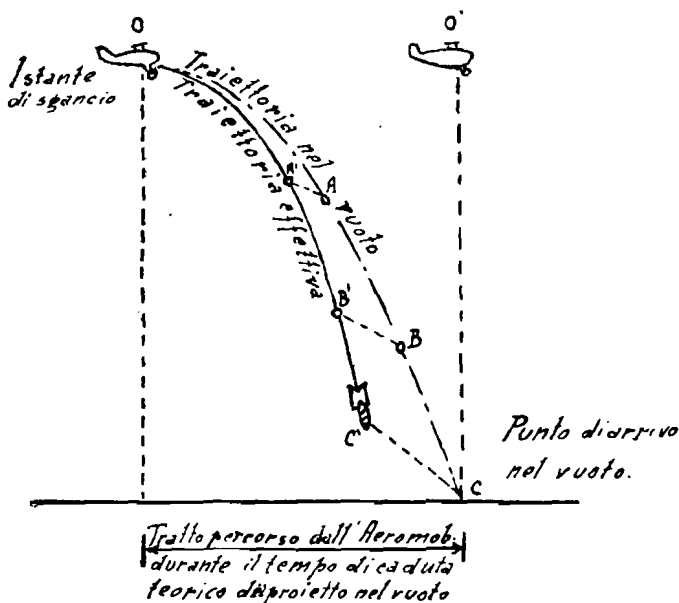



Fig. 59.

Questo rapido aumentare della resistenza dell'aria, oltre a far diminuire la gittata, determina anche la *velocità limite* dei proiettili di caduta. Per *velocità limite* di una bomba s'intende quella alla quale ogni ulteriore incremento di velocità è compensato da un'accresciuta resistenza dell'aria, tale da annullare questo stesso incremento di velocità. Mentre, nel caso teorico del vuoto, l'accrescimento progressivo della velocità di caduta non ha limiti, finchè sussiste una distanza dal suolo che consente al proietto di continuare a cadere, nel caso reale, invece, la resistenza dell'aria, crescendo in ragione del quadrato della velocità del proietto, raggiungerà in un certo momento un valore in Kg. uguale al peso del proietto stesso. Dopo tale momento, la bomba procederà nella sua caduta con velocità costante ed il valore di questa velocità indicherà la *velocità limite* del proietto considerato.

Ogni tipo di proietto ha una propria *velocità limite.* Un'idea dei valori di

(1) Ciò si ammette in via di approssimazione, ma non è scientificamente esatto. Infatti, per velocità prossime ai 300 m. al secondo, l'esponente è notevolmente superiore a 2.

tale velocità può essere fornita dai dati che seguono, relativi a proietti di forma simile, ma di peso diverso:

Proietto	da	45	Kg.	Velocità	limite	247 m/sec.
»	»	100	»	»	»	300 »
»	»	250	»	»	»	330 »
»	»	500	»	»	»	420 »
»	»	800	»	»	»	495 »
»	»	907	»	»	»	518 »

I valori della *velocità limite* hanno importanza per lo studio della traiettoria dei vari tipi di bombe.

TIRO DI CADUTA IN ARIA CALMA

In aria perfettamente calma, non vi sono particolari difficoltà a condurre il velivolo in maniera che il piano di rotta passi per il bersaglio. Una volta soddisfatta questa condizione, nessuna causa esterna verrà a modificare la rotta dell'aereo ed esso proseguirà, pertanto, con moto rettilineo, amenochè non intervengano manovre di pilotaggio.

Supponiamo realizzata tale condizione e consideriamo la fig. 60, ove il piano di rotta, passante per il bersaglio, è rappresentato dal piano del foglio. Ci occuperemo ora del *puntamento in gittata*.

Immaginiamo di sganciare il proietto nel punto O. La bomba, per effetto della resistenza dell'aria, subisce una ritardazione e, dopo i tempi t', t'', t''' dall'istante dello sgancio, non si troverà più sulla stessa verticale del velivolo, ma risulterà nelle posizioni B', B'', B''', ritardate rispetto alle corrispondenti posizioni dell'aereo, A', A'', A'''.

Dopo il tempo T di caduta, la bomba si troverà nel punto B ed il velivolo sarà in A. Il segmento CB rappresenta quindi la gittata X della bomba, mentre il segmento OA indica lo spazio S percorso dal velivolo nel tempo di caduta.

Congiungendo i punti A', A'' etc. rispettivamente con B', B'' etc. si ottengono delle rette che si possono, con una certa approssimazione, considerare parallele.

Si chiama *ritardo* del proietto, rispetto al velivolo, il tratto BP, ossia la distanza orizzontale che separa il *punto di arrivo* dalla verticale passante per l'aereo nell'istante in cui il proietto incontra la superficie terrestre. Il *ritardo* è uguale alla differenza fra lo spazio percorso dal velivolo nel tempo T e la gittata.

Si chiama *angolo di ritardazione*, rappresentato con ε nella fig. 60, l'angolo che la congiungente aeromobile-proietto forma con la verticale, durante la caduta del proietto stesso. L'esperienza dimostra che, per ciascun tipo di proietto, l'angolo di ritardazione si mantiene quasi costante durante la caduta della bomba.

Per tale fatto, il puntatore, osservando la caduta del proietto, vede il proietto stesso discendere lungo una linea quasi retta, inclinata all'indietro, rispetto alla verticale, di un angolo uguale, in ogni istante, all'*angolo di ritardazione.*

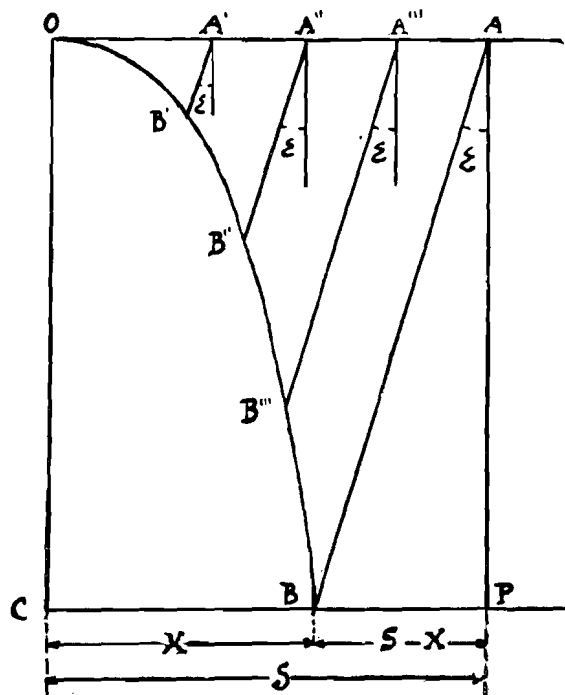



Fig. 60.

Il valore dell'*angolo di ritardazione* dipende:

a) - Dalla velocità dell'aereo.

b) - Dal peso, dalla forma e dal calibro del proietto.

c) - Dal sistema di postazione del proietto sul velivolo.

d) - Dalla quota; ma in misura molto piccola, poichè l'*angolo di ritardazione* aumenta di pochissimo con il crescere della quota. L'importante proprietà della scarsa variabilità dell'*angolo di ritardazione* con la quota è sfruttata in vari strumenti di puntamento.

Nel puntamento, è necessario dunque tener conto dell'*angolo di ritardazione.*

Se dall'origine della traiettoria di un proietto (fig. 61) si fa partire una visuale inclinata (rispetto alla verticale) dell'*angolo di ritardazione*, il tratto, compreso fra il punto A di tale visuale ed il punto di caduta B, è uguale allo spazio percorso dall'aeromobile, tra l'istante dello sgancio e l'istante di arrivo della bomba.

L'angolo AOB è uguale all'angolo α di tiro più l'angolo di ritardazione ε; il tratto AB è uguale al prodotto della velocità V dell'aereo per il tempo T di caduta. In altre parole, il tratto AB è uguale alla *gittata* più il *ritardo*.

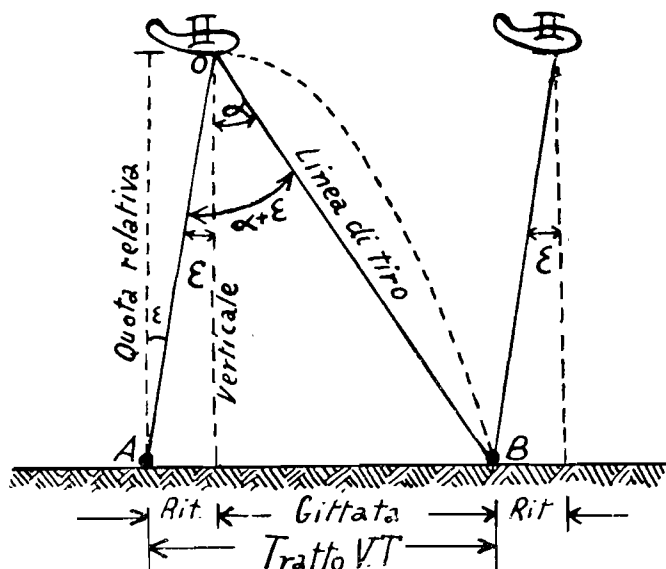



Fig. 61.

Quindi, nel tiro di caduta in aria calma, per colpire il bersaglio B è necessario conoscere l'*angolo di ritardazione* ε, corrispondente al tipo di proietto ed alla velocità di aereo considerati. Individuata la visuale che l'angolo ε forma con la verticale, la bomba dovrà essere sganciata nell'istante in cui il bersaglio viene traguardato attraverso la visuale OB, formante con la OA un angolo $\alpha+\varepsilon$, uguale alla somma dell'*angolo di ritardazione* più l'*angolo di tiro*; l'angolo α va preso in funzione del tipo di proietto, della velocità e della quota.

Noteremo che, poichè l'angolo α abbraccia una distanza orizzontale uguale alla *gittata*, conoscendo la gittata e la quota è possibile ricavare il valore di α. Il valore dell'angolo α può anche essere ricavato, conoscendo quota e velocità, in funzione del tempo di caduta T, noto per un dato tipo di proiettile.

I dati relativi al *tempo di caduta*, alla *gittata*, all'*angolo di tiro* ed all'*angolo di ritardazione* sono contenuti in tabelle o grafici, detti *tavole di tiro*.

TAVOLE DI TIRO

Le *tavole di tiro* sono generalmente delle tabelle numeriche nelle quali, per ciascun tipo di bomba, sono raccolti tutti i dati (T, X, α, ε) per effettuare il tiro a qualunque quota ed a qualunque velocità.

I calcoli per determinare il tempo di caduta, la gittata, l'angolo di tiro e l'angolo di ritardazione per ogni tipo di proietto sono molto complessi e sono basati su dati aerodinamici sperimentali, integrati da esperienze pratiche di tiro, effettuate su appositi poligoni dotati di apparati da osservazione.

Poichè il lavoro per ricavare sperimentalmente i dati di tiro relativi a tutti i vari tipi di proiettili riuscirebbe particolarmente lungo e gravoso, si ricorre soltanto al controllo di alcuni tipi caratteristici di bombe, aventi velocità limite nota, e si segnano per queste tutti gli elementi delle traiettorie alle varie velocità ed alle varie quote.

Poi, per ottenere i dati relativi ad una determinata bomba, si opera per interpolazione. Basterà infatti misurare il tempo di caduta della bomba in esperimento, lanciata a quota ed a velocità note, e ricercare fra le curve di ugual tempo due tavole di velocità limite successive più vicine alla velocità ottenuta, per ricavare i dati di tiro della bomba esperimentata.

Le *tavole di tiro* si riferiscono sempre al caso di tiro in aria calma. Quelle in distribuzione dànno, di solito, soltanto i valori del *tempo di caduta* e dell'*angolo di ritardazione,* che sono i dati necessari per effettuare il tiro con quasi tutti i traguardi di puntamento.

L'*angolo di ritardazione*, nelle tavole di tiro, è quasi sempre dato in millesimi. *Un millesimo* si indica con $1^{\circ\circ}$ e corrisponde alla lunghezza di un arco di $\frac{1}{6400}$ di circonferenza. Un grado sessagesimale corrisponde a 17,77777... millesimi.

La tabella seguente dà un esempio di *tavola di tiro* per una data bomba:

Quota in m. \ VELOCITÀ in Km/h. / m/s	RITARDAZIONE IN MILLESIMI									TEMPI DI CADUTA	
Km/h.	150	200	250	300	350	400	450	500	550	Quota in m.	SECONDI
m/s	41,8	55,7	69,5	83,5	97,2	111	125	138,9	152,7		
1000		172	215	261	305	336				**1000**	14,50
2000		107	134	163	192	214				**2000**	20,75
3000		88	110	134	158	178				**3000**	25,62
4000		78	99	121	143	161				**4000**	29,86
5000		73	93	114	135	154				**5000**	33,65
6000		69	89	109	129	148				**6000**	37,05

Se il tempo di caduta è, nel vuoto, indipendente dalla velocità iniziale, non si può affermare che ciò sia rigorosamente esatto nell'aria. Tuttavia, in

prima approssimazione, si può ritenere che il tempo di caduta dipenda esclusivamente dalle caratteristiche della bomba e dalla quota di volo.

La traiettoria risulta dalla composizione di due moti: la gravità e la velocità del velivolo. La gravità agisce indipendentemente dalla velocità iniziale, ma le traiettorie delle bombe assumono lunghezze variabili a seconda delle velocità iniziali di lancio, e variano, conseguentemente, le successive posizioni della bomba nell'aria. Ciò porta a valori diversi della resistenza dell'aria, conducendo, in definitiva, ad una variazione dei tempi di caduta.

Date le alte velocità già raggiunte dai moderni velivoli, si tende, nelle più recenti *tavole di tiro*, a dare i tempi di caduta in funzione della quota e della velocità di lancio, onde ridurre al minimo le possibilità di errore.

TIRO DI CADUTA NELL'ARIA IN MOVIMENTO

Molto raramente l'aria, nelle condizioni reali, è effettivamente calma. Nella generalità dei casi, facendo astrazione da altri movimenti complessi, noi ci troveremo in presenza di *vento*, cioè del trasporto di masse d'aria, con uno spostamento che potremo ritenere pressochè orizzontale.

Il velivolo procede nel *vento teso* (1) come se la massa d'aria fosse perfettamente ferma e cioè senza che l'equipaggio percepisca la direzione e l'entità del moto dell'aria. Invece, la massa d'aria trasporta nel suo movimento l'aereo; l'equipaggio può accorgersi dell'effetto del vento riferendosi a punti della zona sorvolata.

Il proiettile sganciato da un velivolo ha, in seno all'aria, la stessa traiettoria come se non vi fosse vento; ma anch'esso, come il velivolo, è trasportato dalla massa d'aria in maniera che, rispetto al suolo, la direzione e la velocità del suo moto risultano modificate. Rispetto all'aeromobile, la bomba mantiene invece esattamente lo stesso angolo di ritardazione, come se non vi fosse vento.

La rotta di un velivolo dipende dalla velocità di esso rispetto all'atmosfera e dalla velocità del vento rispetto al suolo. Se il velivolo si muove (fig. 62) con velocità V rispetto all'atmosfera, e questa si muove per effetto del vento con velocità v, la velocità del velivolo rispetto al suolo sarà W, risultante di V e v.

L'angolo δ è l'angolo di deriva dovuto al vento.

Per compiere il puntamento in direzione, occorre quindi materializzare il piano di rotta per giudicare se il bersaglio è contenuto in esso o se ne scosta. Perciò i traguardi di puntamento sono forniti di *un piano di mira*, general-

---

(1) Il vento non è animato da moto uniforme e regolare, ma è in sostanza caratterizzato dal succedersi, in maniera più o meno rapida ed intensa, di raffiche e periodi di calma. Esso si dice *teso* soltanto in quei casi nei quali le variazioni sono di tale lieve entità che la velocità della massa d'aria può praticamente ritenersi costante.

Per facilitare lo studio del tiro di caduta, noi considereremo sempre il caso di vento teso.

mente determinato da un punto di mira e da un filo metallico opportunamente disposto.

I traguardi vengono istallati in maniera che il piano di mira (una volta che le graduazioni siano a zero) risulti parallelo al piano di simmetria del velivolo.

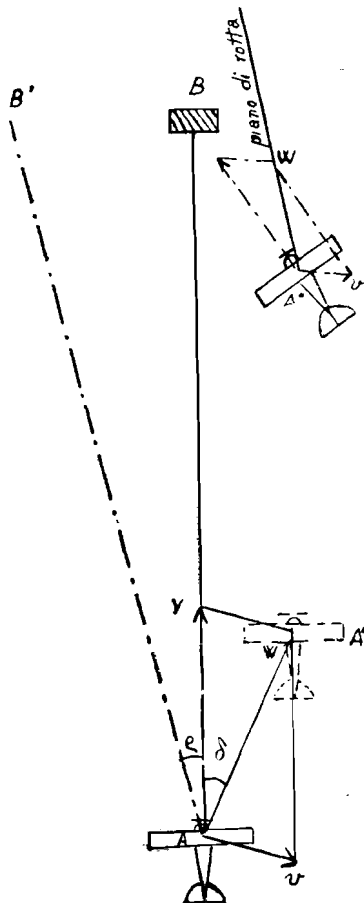



Fig. 62.

In tal caso, se non vi è vento o se si vola nel letto del vento, il piano di mira coincide col piano di rotta, e si vedranno i punti del terreno scorrere parallelamente al filo (fig. 63).

Il *puntamento in direzione* nel letto del vento non è dissimile dal *puntamento in direzione* in aria calma.

Nel caso, invece, che si navighi con direzione diversa da quella del vento, si vedranno, per effetto della deriva, i punti del terreno scorrere trasversalmente al piano di mira (fig. 64). Per determinare quindi il piano di rotta si dovrà rotare il piano di mira fino a veder scorrere i punti del terreno parallelamente al filo.

In tal modo il piano di mira risulterà coincidente col piano di rotta dell'apparecchio. Con questa operazione viene orientato il traguardo.

Occupiamoci ora del puntamento in direzione con vento laterale (in deriva).

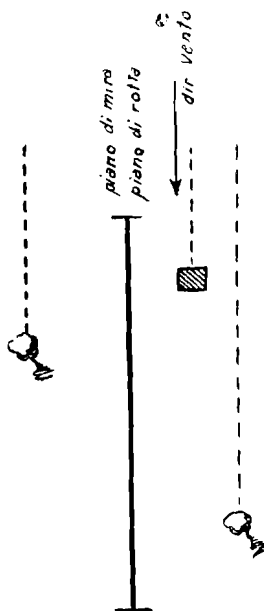



Fig. 63.

Supponiamo di dover colpire il bersaglio B (fig. 62); il velivolo A sia diretto colla prua al bersaglio e voli con velocità V rispetto all'atmosfera; sia v la velocità del vento.

Per effetto della velocità risultante W, dopo un certo tempo, il velivolo sarà nella posizione A'. Se il pilota manovrasse in modo da riportare la prua sul bersaglio, potrebbe trovarsi nell'istante di sgancio nella posizione A''; ma anche in questo modo il proiettile non cadrebbe su B perchè, mentre la bomba, durante la caduta, si mantiene nel piano di rotta, tale piano di rotta non coincide col piano di tiro.

Per portare il piano di rotta sul bersaglio sarà perciò necessario *correggere la deriva*. Ciò si effettua dirigendo la prua del velivolo a un punto B', situato a sinistra o a destra del bersaglio, secondo che la deriva sia rispettivamente a destra o a sinistra. In tal modo l'asse di simmetria del velivolo formerà col piano di rotta un angolo ρ chiamato *angolo di pilotaggio*, il cui valore non differisce molto dall'angolo di deriva. L'ampiezza dell'*angolo di pilotaggio* è suggerita dalla pratica; perciò, solo per tentativi, aumentando o diminuendo detto angolo, si riuscirà a correggere esattamente la deriva.

Per il *puntamento in gittata* con vento, bisogna tener presente che in base alla velocità effettiva dell'aereo (rispetto al suolo) si determinano i valori della gittata e dell'angolo di tiro.

E' quindi necessario valutare esattamente tale velocità per ottenere i dati di tiro. I vari traguardi di puntamento consentono di determinare, con sufficiente precisione, la velocità effettiva. Una volta nota questa velocità, il puntamento in gittata può aver luogo come in aria calma.

Consideriamo il caso di vento contrario. La velocità effettiva con la quale il velivolo si avvicina alla verticale del bersaglio è minore della velocità propria dell'aeromobile. Essa cioè è data dalla differenza tra la velocità propria e la velocità del vento.

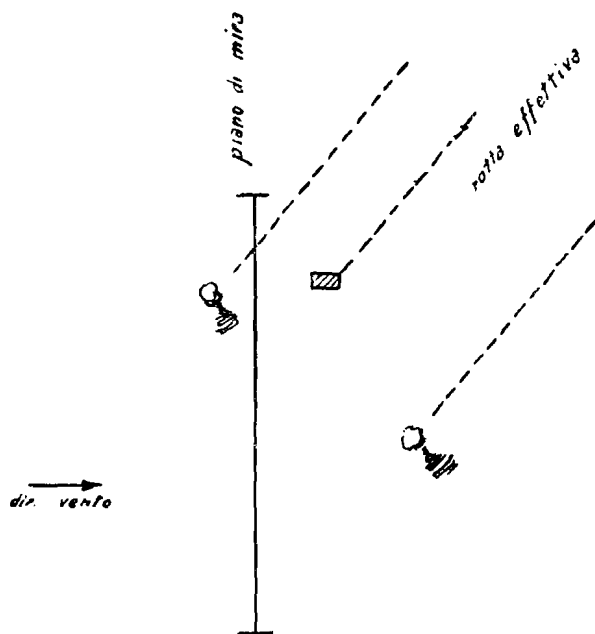



Fig. 64.

La gittata risulta minore di quella nell'aria calma (nelle stesse condizioni di quota e di velocità) perchè la velocità effettiva orizzontale all'atto dello sgancio è minore della velocità propria. Invece la resistenza dell'aria (dovuta alla velocità propria) è uguale a quella che il proietto risentirebbe in aria calma. Dunque, mentre la gittata risulta diminuita, l'angolo di ritardazione rimane invariato, come si vede nella fig. 65.

Il tempo di caduta del proietto non è influenzato dalla velocità del vento, come non è influenzato dalla velocità dell'aereo.

Nel caso di vento in coda, la velocità effettiva è data dalla somma della velocità propria e della velocità del vento.

La gittata è maggiore di quella che la bomba avrebbe in aria calma (nelle stesse condizioni di quota e di velocità). La figura 66 mostra l'andamento del tiro.

Nel caso di *puntamento in gittata* in deriva, una volta compiuto il *puntamento in direzione* e determinata la velocità effettiva, si può ritenere che il tiro si effettui come in aria calma.

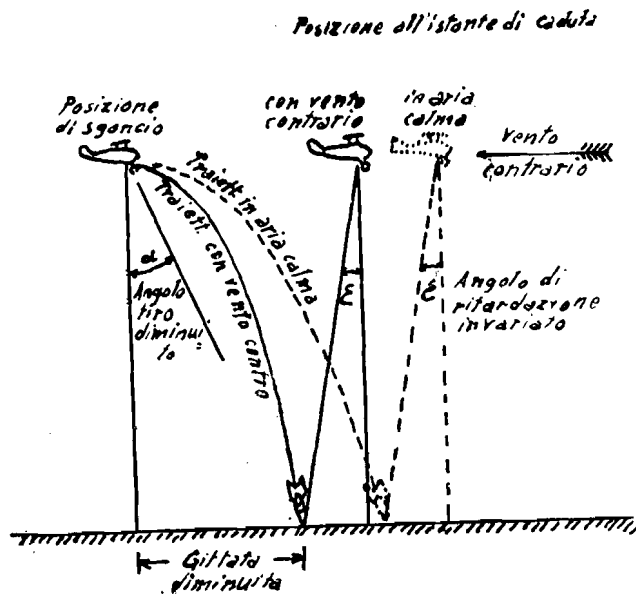



Fig. 65.

Nell'impiegare le tavole di tiro, i valori della *gittata* e dell'*angolo di tiro* debbono essere ricercati in corrispondenza della *velocità effettiva,* mentre i valori dell'angolo di ritardazione vanno letti in corrispondenza della *velocità propria* dell'aereo (rispetto all'aria).

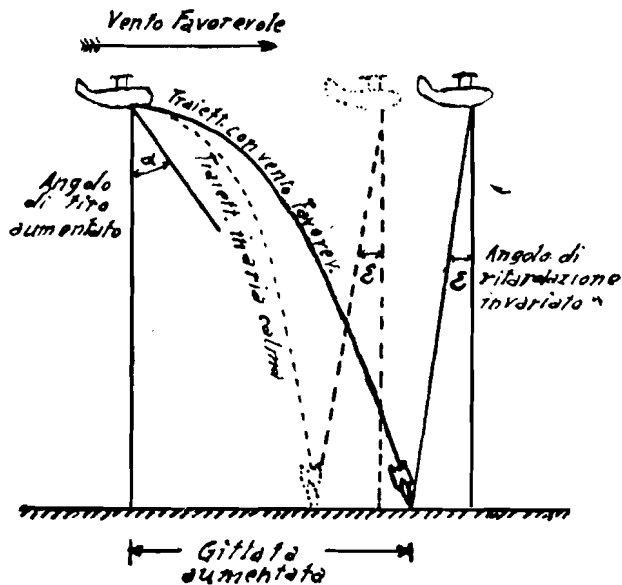



Fig. 66.

Nel caso di tiro in deriva, la bomba, durante la caduta, non si mantiene effettivamente nel piano di rotta (come è stato fino ad ora ammesso) ma se ne scosta di quantità crescenti con l'aumentare della quota. La traiettoria perciò non è piana. Il fenomeno prende il nome di *deflessione della traiettoria*. La correzione si compie inclinando di una opportuna quantità il piano di mira dalla parte verso cui si verifica la deflessione (1).

Alcuni traguardi sono muniti di dispositivi per correggere la *deflessione della traiettoria;* dispositivi tali che, facendo segnare su apposita graduazione l'*angolo di ritardazione*, il *piano di mira* si inclina della quantità necessaria per correggere la *deflessione della traiettoria.*

Comunque, bisogna tener presente che il *tiro in deriva* è particolarmente difficile, giacchè la determinazione dell'esatto *angolo di pilotaggio* non è un'operazione molto semplice. E' pertanto consigliabile, compatibilmente con le varie necessità, di effettuare il tiro con rotta in senso contrario alla velocità del vento.

TIRO DI CADUTA CONTRO BERSAGLIO IN MOTO

Consideriamo il tiro di caduta contro un bersaglio in movimento.

Immaginiamo, per fissare le idee, che il bersaglio sia rappresentato da una nave, e che il velivolo si avvicini alla verticale della nave con una rotta contenuta nello stesso piano verticale e diretta nello stesso senso di quella della nave stessa.

Consideriamo la fig. 67. Sia V la velocità dell'aereo e v la velocità della nave: queste velocità siano dirette nello stesso senso e contenute nello stesso piano verticale.

Traguardando la nave (nel momento i cui essa si trova in P) con la visuale relativa all'*angolo di puntamento* ricavato dalle tavole, per quel dato tipo di proietto, per la quota considerata e per la velocità V, e sganciando la bomba nel punto O, il proietto cadrà effettivamente in P; ma, nel tempo T che il proiettile impiega a descrivere la traiettoria, la nave, per effetto della velocità v, sarà giunta in N', percorrendo da P lo spazio $S = v\,T$.

---

(1) La traiettoria nel tiro in deriva non è piana perchè i punti di essa appartengono a diversi piani di tiro, piani che si spostano parallelamente a se stessi mentre la traiettoria viene descritta. La traiettoria è quindi una curva complessa, la cui proiezione sul suolo (supposto piano) è una curva che comincia dal piede della verticale condotta dall'origine della traiettoria e termina al punto d'imbatto della bomba.

Nel caso che il *traguardo* non sia munito di dispositivo per correggere la *deflessione,* è necessario mirare ad un punto situato *sopra vento* rispetto al bersaglio.

Sia agendo sul *traguardo,* sia puntando *sopra vento* rispetto al bersaglio, si corregge soltanto l'*errore in direzione* dovuto alla *deflessione.* La *deflessione* produce, invece, anche un allungamento della traiettoria. Per il puntamento corretto in *gittata,* bisognerebbe perciò introdurre un *angolo di ritardazione* minore di quello ricavato dalle *tavole.*

In pratica, data la lieve entità dell'errore, è permesso quasi sempre di trascurare la correzione dell'*errore in gittata,* originato dalla *deflessione.*

Appare quindi evidente che per colpire il bersaglio quando esso giunge in P, è necessario sganciare il proietto nell'istante in cui la nave si trova in un punto N'', tale che lo spazio $N''P$ sia uguale allo spazio PN'. In altre parole, bisogna sganciare il proietto nell'istante in cui il bersaglio è traguardato attraverso una visuale formante con la verticale OR un angolo α ricavato dalle *tavole di tiro*, non in funzione della velocità V, ma in base alla velocità $V - v$, detta *velocità di avvicinamento*.

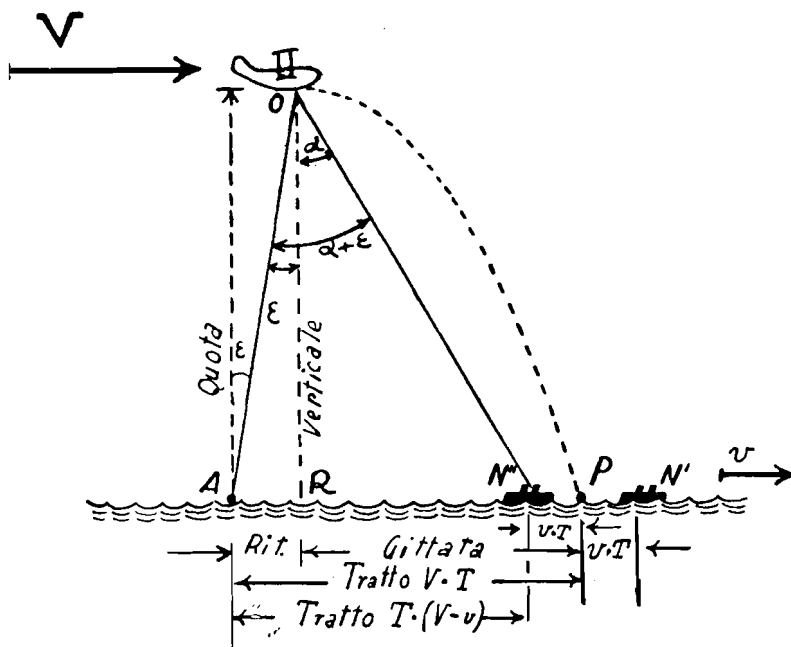



Fig. 67.

Consideriamo ora il caso di un aereo che attacchi bersaglio, non secondo una rotta parallela a quella del bersaglio, ma con una rotta formante in pianta un certo angolo con la direzione seguita dal bersaglio stesso (fig. 68).

Noi sappiamo già che per compiere il puntamento in direzione è necessario che il velivolo passi per la verticale del bersaglio.

Nel caso considerato, indicando con V la velocità dell'aereo e con v la velocità del bersaglio, per l'esatto puntamento in direzione è indispensabile seguire una rotta tale che, in un determinato istante, velivolo e bersaglio vengano a trovarsi sulla stessa verticale.

Indichiamo (fig. 68) con 1, 2, 3, 4, 5 etc. le successive posizioni raggiunte dal velivolo e con 1', 2', 3', 4', 5' etc. le corrispondenti posizioni raggiunte dal bersaglio dopo uguali intervalli di tempo. Perchè venga realizzato un esatto puntamento in direzione è necessario che il bersaglio, nei successivi istanti, venga rilevato sempre con lo stesso *angolo di rilevamento* ρ. Una volta soddisfatta questa condizione, verrà un momento in cui aereo e bersaglio

saranno sulla stessa verticale: in tal caso, si dice che aereo e bersaglio seguono *rotte di collisione.*

L'esame della figura 68 mostra chiaramente che, se l'angolo ρ variasse, il velivolo ed il bersaglio non verrebbero mai a trovarsi sulla stessa verticale, pur potendo i due piani di rotta tagliarsi fra loro.

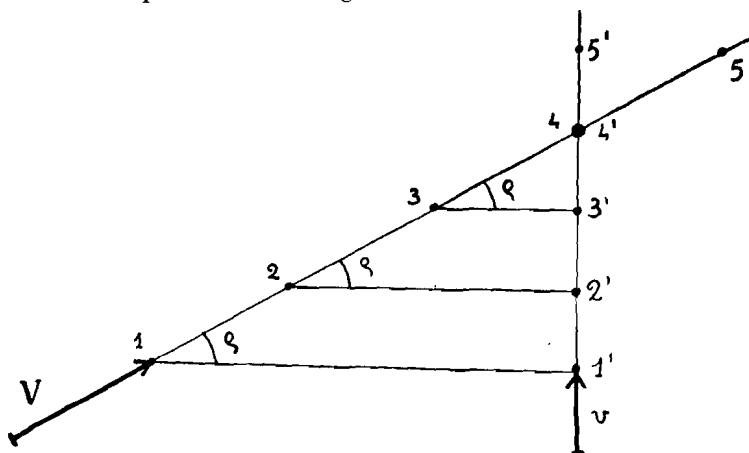



Fig. 68.

Applichiamo quanto è stato ora detto al caso del tiro di caduta contro una nave in movimento.

La nave va investita con *rotta di collisione*, e bisognerà ricercare per tentativi un *angolo di rilevamento* ρ costante (tra piano di mira ed asse del velivolo) che permetta di vedere la nave avvicinarsi apparentemente e regolarmente lungo il piano di mira con la *velocità di avvicinamento.*

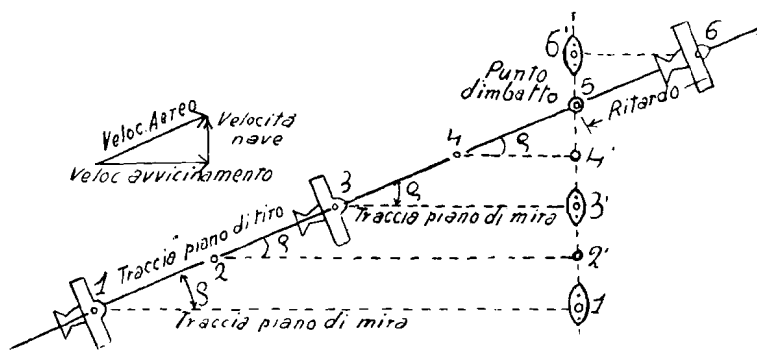



Fig. 69.

Infatti, su tale rotta (fig. 69) la nave sarà vista continuamente lungo il *piano di mira*, che si sposta parallelamente a sè stesso, ed il puntatore, osservando la nave lungo tale piano, potrà compiere agevolmente le operazioni di puntamento in gittata ed eseguire lo sgancio della bomba.

Sganciato il proietto, se il velivolo manterrà sempre la stessa rotta si troverà, nel punto 5, sulla verticale della nave: a causa del *ritardo*, il proietto però non avrà ancora raggiunto il bersaglio.

Mentre la bomba continua a cadere, aeromobile e nave proseguiranno nel loro cammino.

Nell'istante in cui il velivolo sarà giunto nel punto 6, distante orizzontalmente dal punto 5 di un tratto uguale al *ritardo*, il proiettile raggiungerà il *punto d'imbatto*, ma la nave intanto sarà arrivata nel punto 6'.

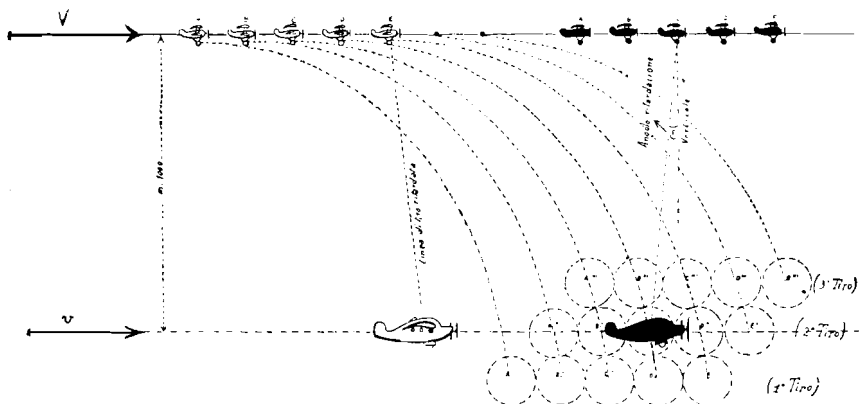



Fig. 70.

Per colpire la nave è quindi indispensabile eseguire il puntamento, anzichè al centro del bersaglio, ad un punto situato avanti a tale centro di un tratto uguale alla distanza 5 - 6'.

I *traguardi di puntamento*, come si è già visto per il *tiro in deriva*, sono muniti di appositi dispositivi i quali, permettendo d'inclinare il piano di mira in rapporto ai vari *angoli di ritardazione* dati dalle *tavole*, consentono di eseguire il puntamento in maniera di poter colpire il bersaglio in moto.

Si ritiene opportuno dare qualche cenno sommario anche sul tiro di caduta contro velivoli, o meglio contro una formazione di velivoli, naviganti a quota più bassa dell'attaccante.

In questo caso, risulta conveniente attaccare il nemico secondo una rotta diretta nello stesso senso di quella avversaria e contenuta nello stesso piano verticale. La figura 70 rappresenta schematicamente questo genere di tiro, e mostra un attacco compiuto da 5 velivoli in fila.

Gli aerei dovranno impiegare bombe con speciali spolette graduabili a tempo, in maniera da far scoppiare i proietti alla quota desiderata.

E' conveniente che il tiro delle bombe venga eseguito in serie, cioè che i proietti vengano sganciati a determinati intervalli di tempo: l'inizio del tiro dovrà avvenire simultaneamente in tutti i velivoli, su segnale del capo della formazione. Con tale sistema, gli scoppi delle bombe si disporranno in una vasta zona, nella quale risulterà certamente compreso il bersaglio.

Nella figura 70, la posizione degli apparecchi attaccanti e di quello attaccato, all'istante d'inizio del tiro, è indicata dalle sàgome vuote; la posizione assunta dai velivoli, nell'istante in cui il nemico è colpito, è rappresentata dalle sàgome piene. L'esame della figura può dare una chiara idea dell'andamento del tiro e della successione dei colpi di ciascuna serie. I circoli tratteggiati indicano la zona di efficacia di ogni proiettile.

Tiro di caduta a tuffo. — Le difficoltà particolari del tiro di caduta, segnatamente nel *tiro in deriva* e nel tiro contro *bersaglio mobile,* rese ancora più gravi nel caso che queste due circostanze si presentino unite, hanno portato in questi ultimi anni, contemporaneamente alla ricerca di nuovi strumenti e di nuovi *traguardi di puntamento* sempre più perfezionati, anche allo studio di nuovi metodi di tiro.

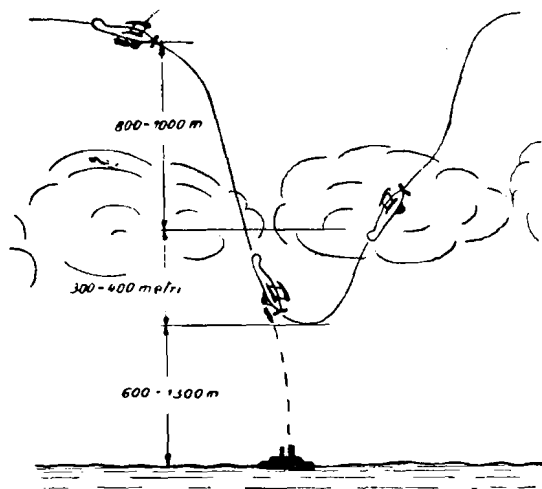



Fig. 71.

Noi abbiamo fino ad ora considerato il tiro di caduta eseguito da aerei in volo orizzontale. In questi ultimi anni, soprattutto contro bersaglio mobile, è stato esperimentato il *bombardamento a tuffo.*

La manovra per tale genere di tiro, è la seguente: il velivolo, avvicinatosi al bersaglio in volo orizzontale, giunto quasi sulla verticale di quest'ultimo, si abbassa pressochè verticalmente sul bersaglio, con un angolo di picchiata fra i 70° ÷ 80°; la velocità dell'aereo aumenta rapidamente, e la bomba viene sganciata nella posizione di picchiata da una quota variabile a seconda delle circostanze, ma non mai elevata. Eseguito lo sgancio, il pilota richiama il velivolo e si allontana per mettersi fuori tiro.

Il *tiro a tuffo,* data la notevole velocità iniziale del proietto e la quota di sgancio non elevata, riduce molto gli *errori di tiro.* Richiede però speciali velivoli, capaci di resistere agli sforzi notevoli del raddrizzamento dopo la

picchiata, molto maneggevoli ed armati con bombe da 100 ÷ 250 Kg., opportunamente istallate. Acciocchè i velivoli non raggiungano durante la violenta picchiata velocità tali che potrebbero compromettere la struttura della macchina e rendere molto difficile il raddrizzamento, gli apparecchi destinati a tale impiego sono stati dotati di speciali freni aerodinamici, che entrano in funzione automaticamente non appena al velivolo tocca una determinata velocità limite, che non è così possibile superare.

La fig. 71 riproduce un attacco in picchiata contro nave, eseguito con cielo parzialmente coperto, in modo di poter efficacemente realizzare la sorpresa.

Non è qui il caso di entrare in merito alla convenienza del tiro a tuffo; abbiamo voluto soltanto dare un'idea di tale metodo di tiro, senza del resto affrontarne, nemmeno sommariamente, la trattazione teorica.

TRAGUARDI DI PUNTAMENTO

Prende il nome di *traguardo di puntamento* quel complesso di congegni destinati a determinare l'istante preciso in cui la bomba deve essere sganciata per poter colpire il bersaglio.

I *traguardi di puntamento* possono suddividersi in due grandi categorie:

a) - *traguardi a visuale libera;*

b) - *traguardi periscopici.*

Abbiamo già esposti i concetti teorici, relativi al *puntamento in direzione* ed al *puntamento in gittata.*

Per il puntamento in direzione, i *traguardi* sono provvisti di un *piano di mira orientabile* rispetto ad una posizione iniziale parallela all'asse di simmetria del velivolo: detto *piano* è determinato, nei *traguardi periscopici,* dal centro ottico dell'oculare e da una traccia segnata da un micrometro che si proietta nel campo del cannocchiale; nei *traguardi a visuale libera,* il *piano di mira* è determinato da un punto di mira e da un filo metallico opportunamente disposto. I *traguardi* vengono istallati sugli aerei in modo che il piano di mira, quando le graduazioni sono a zero, risulti parallelo al piano di simmetria del velivolo.

Per il *puntamento in direzione* bisogna *orientare il traguardo,* cioè bisogna disporre il *traguardo* stesso in modo che il *piano di mira risulti coincidente col piano di rotta del velivolo.* Infatti, noi sappiamo già che il *puntamento in direzione* consiste appunto nel far passare il piano di rotta per il bersaglio.

Ricordiamo che il *puntamento in gittata* consiste nello sganciare la bomba un certo momento prima che l'aereo sia giunto sulla verticale del bersaglio.

La determinazione del giusto momento di sgancio della bomba può essere ottenuta in diversi modi, ciascuno dei quali dà origine ad un diverso sistema di puntamento.

I principali sistemi di puntamento si possono ridurre a due e consistono:

1°) *Nella determinazione dell'angolo di puntamento,* previa misura della velocità dell'aereo.

2°) *Nella determinazione dell'istante di sgancio,* noto il tempo di caduta del proietto e previa misura della velocità dell'aereo.

1° sistema:

Operazione prima ed indispensabile è la misura della velocità dell'aereo.

Il puntatore, conoscendo la quota relativa alla quale si trova e disponendo di due visuali *p* ed *r* (fig. 72) (formanti la *base angolare* per la valutazione della velocità effettiva), scelto un *falso scopo* opportuno, mette in moto la lancetta di un contasecondi normale non appena vede collimare la prima visuale *p* con il *falso scopo* (fig. 72 posizione [1]). Giunto il velivolo nella posizione (2), il falso scopo si trova a collimare con la visuale *r:* allora il puntatore ferma la lancetta del contasecondi e legge il tempo *t* intercorso fra il passaggio del *falso scopo* attraverso le due visuali.

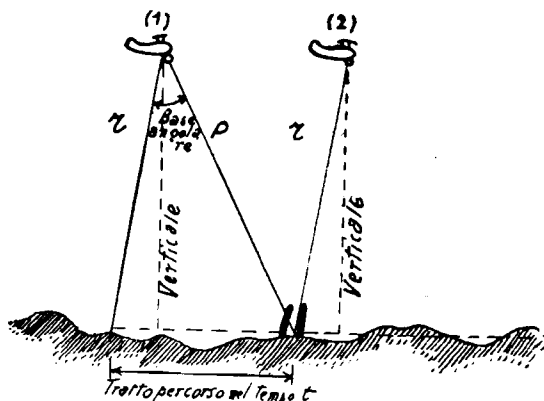



Fig. 72.

Alcuni *traguardi* hanno una *base angolare* fissa, qualunque sia la quota di volo: in questo caso apposite tabelle dànno, in funzione della quota e del *tempo t di passaggio* letto sul contasecondi, la velocità effettiva dell'aereo. L'*angolo di puntamento* α, da far segnare al *traguardo,* viene letto nelle *tavole di tiro.*

Altri *traguardi* hanno una *base angolare variabile* con la quota di volo (fatta segnare ad un'apposita graduazione *H*) ed il *tempo di passaggio*, letto sul contasecondi, viene segnato direttamente su una graduazione *T* (1). Una volta eseguita tale operazione, la linea di tiro è già automaticamente diretta al bersaglio, inclinata dell'*angolo di puntamento* relativo alla velocità ed alla quota considerate.

2° sistema:

Si supponga di avere su un velivolo un semplicissimo *traguardo* costituito da due aste unite ad angolo retto: l'asta *A B*, (fig. 73) disposta verticalmente,

(1) Questo sistema di tiro viene anche comunemente chiamato *sistema delle graduazioni H* e *T*.

abbia in A un mirino; l'asta orizzontale $B\ B''$ abbia tre tacche di mira, B, B', B'', tali che i segmenti $B\ B'$ e $B'\ B''$ risultino uguali tra loro. Le visuali $A\ B$, $A\ B'$, $A\ B''$ comprenderanno evidentemente sul terreno, supposto orizzontale, due spazi uguali $C\ C'$ e $C'\ C''$, ciascuno dei quali, ammesso che il velivolo mantenga velocità orizzontale costante, sarà percorso in un tempo t.

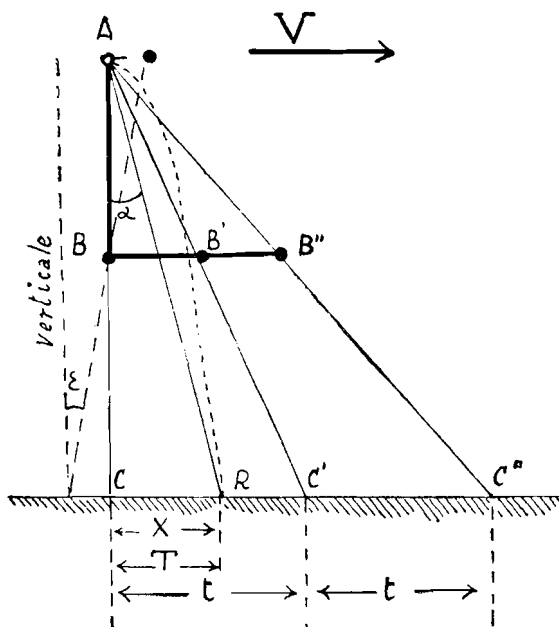



Fig. 73.

Se la *gittata* della bomba è X, tale che $C\ R$ è minore di $C\ C'$, sganciando la bomba in A, il tratto $C\ R$ sarà percorso nel *tempo di caduta* T, mentre il tratto $R\ C'$ corrisponde all'intervallo di tempo $t - T$. In questo caso, evidentemente, il tiro si potrà effettuare senza tener conto dell'angolo α, sganciando la bomba dopo il tempo $t - T$, contato a partire dall'istante in cui il bersaglio è visto sotto la visuale $A\ B'$.

Il tempo T si ricava dalle *tavole di tiro;* il tempo t si ottiene cronometrando il tempo che intercede tra gli istanti in cui il bersaglio è visto sotto le due visuali successive $A\ B''$ ed $A\ B'$. Perciò, una volta noto il *tempo di caduta* T e misurato il tempo t occorrente perchè il bersaglio, posto in C'', venga nel suo moto apparente a coincidere con C', basterà sganciare la bomba dopo il tempo $t - T$: il bersaglio potrà così essere colpito, giacchè esso, nel suo moto apparente, dopo l'intervallo $t - T$ si troverà in R.

Il puntamento viene compiuto con l'ausilio del *cronometro a ritorno* (1).

(1) Questo sistema di tiro viene anche denominato *tiro a mezzo del cronometro a ritorno.*

Il *cronometro a ritorno* (fig. 74) è un cronometro provvisto di un bottone di comando (A), di un bottone ausiliario (B), di un indice mobile (C).

Premendo una prima volta il bottone (A), la lancetta si mette in movimento nel senso ordinario e con velocità tale da compiere un intero giro in 30''; premendo una seconda volta il bottone, la lancetta inverte il movimento e torna con uguale velocità (1); premendo una terza volta, la lancetta ritorna istantaneamente sullo zero e si ferma. Il bottone ausiliario (B) serve invece ad arrestare la lancetta in movimento, come quando, ad esempio, lo speciale cronometro voglia farsi funzionare come un cronometro normale.

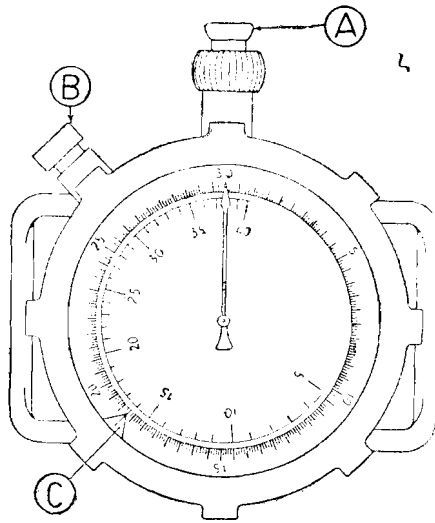



Fig. 74.

Il quadrante porta una graduazione da 0 a 30 secondi, suddivisa in quinti di secondo. Internamente e concentrica a tale graduazione ve ne è una seconda, i cui numeri rappresentano le quote di volo in ettometri, segnati in corrispondenza dei tempi T di caduta relativi alle varie quote: dato che la differenza fra i tempi di caduta, corrispondenti a due quote successive, va sempre man mano diminuendo col crescere dell'altezza, la graduazione risulta ad intervalli decrescenti.

Da quanto precedentemente detto, risulta chiaro l'impiego del traguardo:

a) si porta l'indice (C) del cronometro in corrispondenza del tempo T di caduta della bomba (il tempo T va letto nelle *tavole di tiro*; in mancanza di queste si può porre l'indice in corrispondenza della quota di volo, ciò che si può accettare con una certa larghezza di approssimazione);

(1) In alcuni *cronometri* la lancetta torna indietro con velocità metà. I «libretti di istruzione» relativi al *traguardo* precisano in tal caso come va posto l'indice (C). (In corrispondenza della metà del tempo di caduta dato dalle *tavole di tiro*).

b) si dirige il velivolo sul bersaglio e non appena questo è visto sulla linea di mira *A B''* si preme il bottone (*A*) del cronometro; nel momento in cui il bersaglio è visto sulla seconda linea di tiro *A B'*, si preme di nuovo il bottone (*A*) (si sarà così cronometrato il tempo *t* e la lancetta invertirà il movimento);

c) si sgancia la bomba nell'istante in cui la lancetta del cronometro giunge in corrispondenza dell'indice (*C*), istante che indica il termine del tempo $t - T$.

Da quanto è stato detto risulta anche chiaro che, affinchè tale sistema di puntamento sia possibile, è necessario che le tacche di mira del traguardo siano disposte in modo da permettere di determinare un tempo di passaggio *t* maggiore del tempo di caduta *T*.

Esaminati sommariamente i due sistemi principali di puntamento, è necessario ricordare che nel tiro bisogna tener conto dell'*angolo di ritardazione* (vedere fig. 61), angolo che abbiamo fino ad ora trascurato per semplificare la trattazione.

Noi sappiamo già che perchè la bomba colpisca il bersaglio « è necessario ritardare lo sgancio del proietto del tempo impiegato dal velivolo a percorrere uno spazio uguale al *ritardo* ».

Riferendoci al traguardo schematico, rappresentato nella fig. 73, si vede chiaramente che l'*angolo di ritardazione* (letto nelle *tavole di tiro*) può esser fatto segnare al *traguardo* spostando in avanti, cioè nel senso della velocità dell'aereo, il mirino *A* di una quantità tale da rendere inclinata indietro la visuale *A B* dell'*angolo di ritardazione* ε, corrispondente al tipo di bomba ed alla velocità dell'aereo considerate. In tal modo, il bersaglio è visto sulla nuova visuale, mirino-tacca di mira, in ritardo del « tempo corrispondente alla ritardazione ».

Per fissare le idee, nella figura 75 è stato rappresentato un *traguardo* schematico, che permette di effettuare il tiro sia col « sistema delle graduazioni *H* e *T* », sia col « sistema del cronometro a ritorno ».

Questo *traguardo* è costituito da due aste ad angolo retto: l'asta verticale ha la scala delle quote e porta un mirino *A* che può scorrere, sia verticalmente, sulla scala delle quote, sia orizzontalmente, in maniera da segnare l'*angolo di ritardazione;* l'asta orizzontale porta due tacche di mira *r* e *p* (coincidenti con *B''* e con *B*) che determinano la base angolare per la misura del *tempo di passaggio T* del falso scopo.

L'asta orizzontale porta anche una graduazione *T*, sulla quale può scorrere una tacca di mira *M;* tale graduazione è segnata in maniera che, collocando la tacca *M* in corrispondenza del *tempo di passaggio* del falso scopo, la *linea di tiro A M* è diretta al bersaglio, inclinata dell'*angolo di puntamento* corrispondente alla quota ed alla velocità considerate.

L'asta orizzontale porta inoltre le tacche di mira *B*, *B'*, *B''*, disposte come già detto per la figura 73.

Nella figura 75, il *piano di tiro* è rappresentato dal piano del foglio. E' intuitivo che, per l'impiego del *traguardo*, è necessario che l'asta *Q Q'* sia perfettamente verticale: questa verticalità è ottenuta mediante appositi dispositivi o a *bolla* o *pendolari* oppure *giroscopici*.

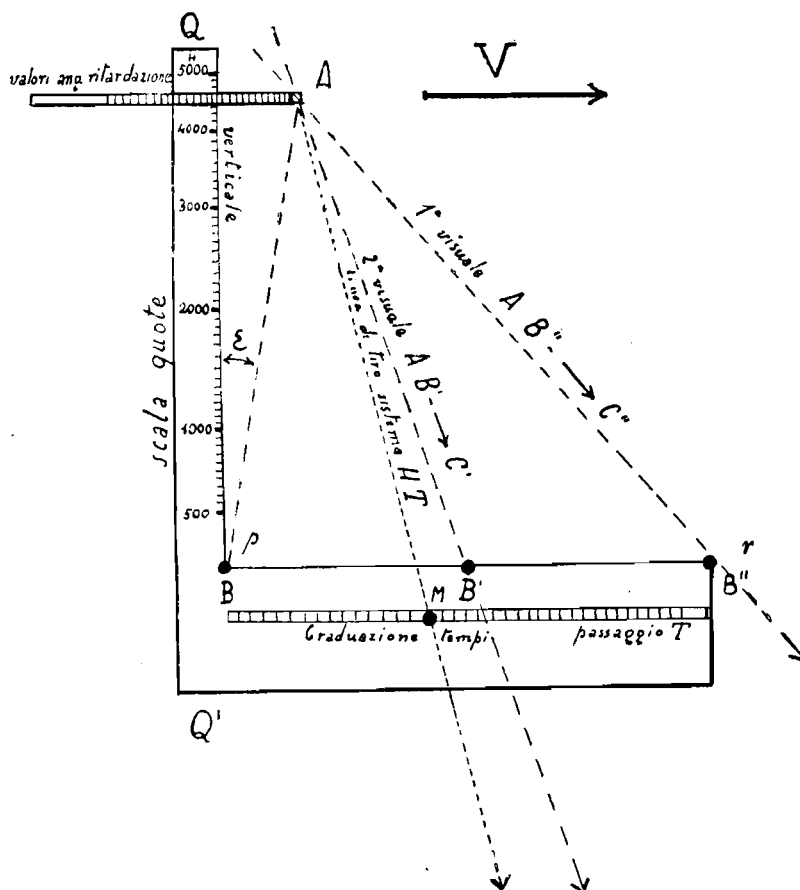



Fig. 75.

Dopo quanto esposto, il funzionamento del traguardo rappresentato in figura risulta evidente.

Lo scopo del presente manuale non ci consente di descrivere i vari traguardi di puntamento, tanto più che tali strumenti vengono continuamente perfezionati e quindi subiscono spesso modifiche nelle caratteristiche e nei particolari.

Tuttavia, allo scopo di fornire delle idee generali su quello che può essere il complesso di un *traguardo*, accenneremo sommariamente ad uno dei traguardi in uso.

TRAGUARDO DI PUNTAMENTO MODELLO JOZZA

Il *traguardo Jozza* appartiene alla categoria dei *traguardi a visuale libera,* (figg. 76 e 77) e comprende:

A) il supporto del traguardo;

B) il traguardo propriamente detto.

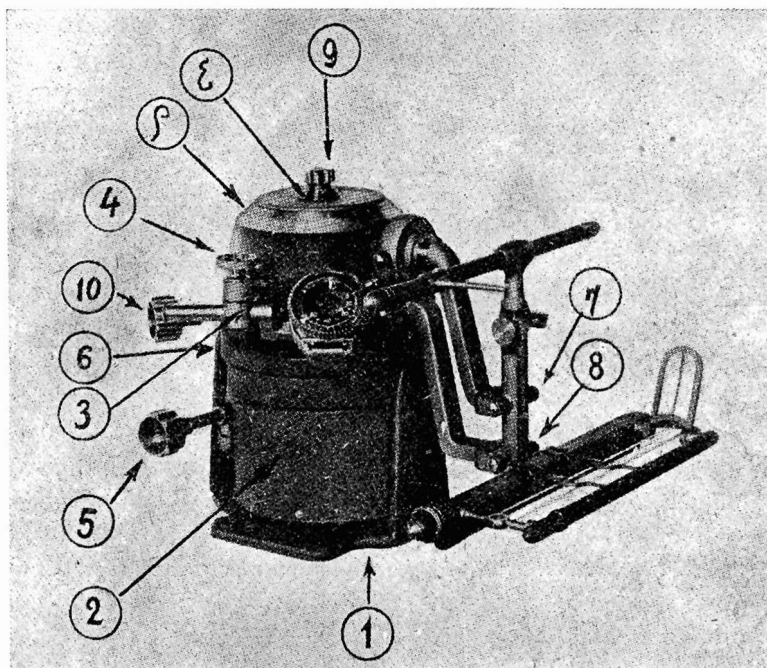



Fig. 76.

Il supporto del traguardo si compone dei seguenti organi principali:

I) una piastra - forcella (1);

II) un corpo (2) formato da due cilindri coassiali aventi diametri poco diversi;

III) un porta cronometro (3), fissato al corpo (2), comprendente due bracci articolati allungabili ed orientabili che possono essere disposti nella posizione più opportuna e bloccati a mezzo del bottone di pressione (4).

Agendo sul bottone (5), il corpo cilindrico (2), ruota nell'interno della forcella (1) intorno ai perni (6).

Il corpo (2) internamente contiene:

— *un pendolo, sospeso nel punto centrale della base superiore*, il quale è libero di oscillare secondo una qualsiasi direzione;

— due cilindri con relativi pistoni di grafite compressa, per lo smorzamento delle oscillazioni pendolari;

— un congegno automatico che permette di apportare al puntamento particolari correzioni sia nel caso di tiro in deriva (deflessione della traiettoria) sia nel caso di tiro contro bersaglio mobile.

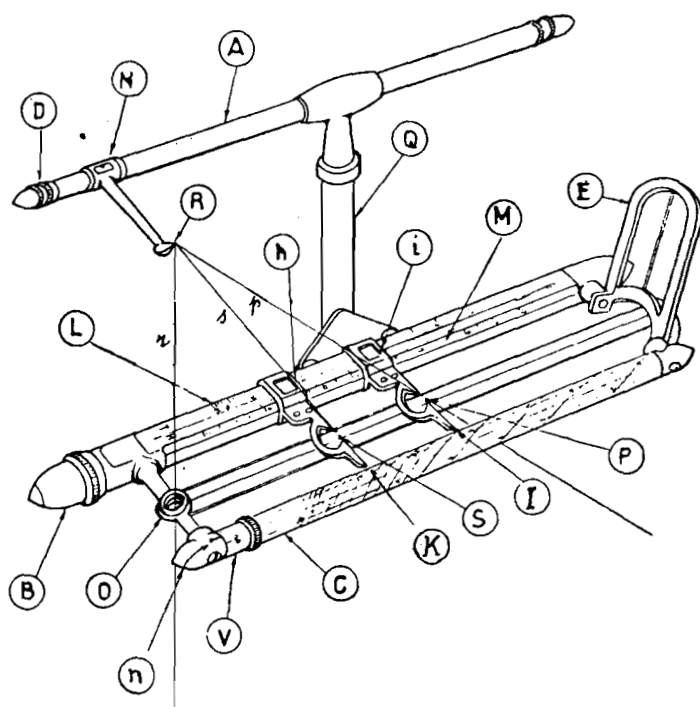



Fig. 77.

Il pendolo, a mezzo di un parallelogramma articolato ed oscillante intorno al lato orizzontale superiore, porta esternamente al corpo (2) la sua direzione verticale. Dei quattro vertici del parallelogramma due si trovano sull'asta pendolare e quindi sono interni al corpo (2) e gli altri due si trovano sui due assi orizzontali (7) e (8).

Nella parte superiore del corpo cilindrico (2) si trovano le due graduazioni del supporto e precisamente quella dell'angolo di ritardazione che si inserisce agendo al bottone (9) e l'altra dell'angolo della velocità relativa che si inserisce agendo al bottone (10).

Il traguardo propriamente detto (fig. 77) è costituito dal reticolo *L*, dall'asta *A* con graduazione di ritardazione *N* e mirino *R* e da un tubo *Q* che unisce le due parti.

Il reticolo comprende:

a) un tubo ovale sul quale sono segnate le graduazioni *H* e *T* ed una graduazione millesimale *M*. I numeri di quest'ultima indicano centinaia di millesimi della distanza tra il mirino *R* ed il piano del reticolo;

b) un cilindro *C* che può ruotare e che porta una graduazione di velocità ed una graduazione di quota. La prima è segnata in Km/h alla base del cilindro, la seconda, segnata in ettometri, avvolge tutto il cilindro stesso a mezzo di una serie di spirali. Ciascuna spirale corrisponde ad una determinata quota di volo;

c) tre punti di mira *O*, *S*, *P* dei quali i due ultimi sono mobili. Il loro spostamento che è sempre simultaneo, si ottiene agendo al bottone *B*. Qualunque sia la posizione che essi vengono ad assumere è sempre soddisfatta la seguente relazione:

$$PS = \frac{1}{2} SO,$$

cioè la distanza fra i due punti di mira mobili è sempre metà della distanza fra il secondo punto mobile *S* ed il punto fisso *O* (centro dell'anello);

d) tre fili longitudinali paralleli dei quali quello centrale ed il mirino R determinano il piano di mira del traguardo;

e) un elemento di reticolo *E* che facilita il puntamento in direzione specialmente nel tiro contro i bersagli mobili. Detto elemento, oltre alla posizione di tiro indicata nella fig. 77, può assumerne un'altra giacente nel piano del reticolo. Le due posizioni sono determinate da un sistema a molla.

I punti di mira *P* ed *S* portano ciascuno due indici, uno costituito da un bordo rettilineo anteriore (*i* e *h*) per effettuare la lettura delle graduazioni *H*, *T* ed *M* e l'altro puntiforme (*I* e *K*) per la graduazione di quota del cilindro *C*. La lettura della graduazione *V* si effettua a mezzo dell'indice *n*.

I tre punti di mira *P*, *S* e *O* determinano col mirino *R* le tre visuali *RP*, *RS*, *RO* che per semplificare l'esposizione seguente, indicheremo rispettivamente con *p*, *s* ed *r*. L'inclinazione di dette visuali dipende e dalla posizione del mirino *R* e dalla posizione dei punti di mira mobili *P* ed *S*; però qualunque sia questa inclinazione è sempre soddisfatta la condizione che lo spazio compreso sul terreno, supposto orizzontale, fra la visuale *p* e la *s* è sempre la metà di quello compreso fra la *s* e la *r*.

Nel puntamento in direzione distingueremo i seguenti due casi:

A) puntamento contro bersaglio fermo, con o senza vento di deriva.

Le operazioni da compiere sono le seguenti:

1°) segnare per mezzo del bottone (9) l'angolo di ritardazione dato dalle tavole di tiro della bomba, in funzione della quota di lancio e della velocità all'aria V_a;

2°) quando l'aereo si trova diretto, con prua costante, verso il bersaglio e ad una distanza da esso di alcuni chilometri (circa 6 ÷ 9) agire al bottone (10) e fare ruotare il piano di mira fino a vedere il terreno sfilare parallelamente alla traccia a terra del piano stesso. Per ottenere ciò con la necessaria precisione è indispensabile vedere scorrere lungo tutta la traccia, fino alla linea di ritardazione, i punti caratteristici del terreno giacenti in essa. Effettuare quindi le piccole correzioni alla prua dell'aereo in modo da ottenere che il piano di mira passi per il centro del bersaglio.

B) puntamento in direzione contro bersaglio mobile.

Ci riferiamo particolarmente ai bersagli navali in moto.

Operazioni da compiere:

1°) dirigere l'aereo, in modo approssimato, sulla verticale di un punto giacente sulla rotta della nave bersaglio e in posizione tale che le distanze da esso al centro della nave e al piede della verticale condotta per l'aereo, siano rispettivamente proporzionali alla velocità nave ed alla velocità effettiva dell'aereo;

2°) agendo al bottone (10) ruotare il piano di mira fino a portare la sua traccia a terra sul centro del bersaglio;

3°) tenendo costante la prua dell'aereo osservare il moto relativo del bersaglio. Se questo tende a spostarsi esternamente al settore determinato dalla traccia del piano di mira e dalla direzione della velocità propria V_a, diminuire il valore della graduazione ρ ed accostare con l'aereo fino a riportare il piano di mira sul centro del bersaglio.

Se il bersaglio con il suo moto relativo tende a spostarsi entro detto settore, aumentare la graduazione ρ e accostare con l'aereo per portare sempre detta traccia al centro del bersaglio. Con correzioni successive si deve ottenere che a prua costante dell'aereo corrisponda un moto relativo del bersaglio giacente nel piano di mira.

I metodi principali di puntamento in gittata che il traguardo permette, sono i seguenti:

I) Tiro diretto, previa misura di un tempo di passaggio (sistema della graduazione *H* e *T*).

II) Tiro a tempo a mezzo del cronometro a ritorno.

Tiro diretto previa misura di un tempo di passaggio. — Questo metodo si può applicare soltanto nel tiro contro bersaglio fisso.

Si possono presentare i seguenti due casi:

1° bersaglio in pianura (falso scopo e bersaglio alla stessa quota);

2° bersaglio in zona montana o collinosa (falso scopo e bersaglio a quote differenti).

1° Caso:

Le operazioni da compiere sono le seguenti:

1°) per mezzo del bottone *D* segnare l'angolo di ritardazione, spostando in avanti il mirino *R*;

2°) agendo al bottone *B* ed effettuando la lettura con l'indice *i*, segnare sulla graduazione *T* la durata di traiettoria data dalle tavole di tiro. In mancanza delle tavole, segnare con l'indice *i* sulla graduazione *H* la quota relativa di volo;

3°) dirigere, anche in modo approssimato, la rotta dell'aereo sul bersaglio e con l'ausilio di un normale contasecondi, determinare il tempo di passaggio di un falsoscopo dalla visuale *p* (*R P*) alla *r* (*R O*) (il punto *O* corrisponde al centro dell'anello);

4°) il tempo ottenuto si segna sulla graduazione *T* a mezzo dell'indice *i*: la visuale *p* così determinata rappresenta la linea di tiro. Nell'istante in cui si collima al bersaglio con tale visuale si sganciano le bombe.

2° Caso:

Le operazioni da compiere sono cinque, quelle indicate ai nn. 1, 2, 3 del primo caso e le due seguenti:

1° il tempo ottenuto si segna sulla graduazione *T* a mezzo dell'indice *i*; poi ruotando il cilindro *C* si fa coincidere la spirale corrispondente alla quota relativa aereo-falsoscopo con l'indice *I*. La graduazione *V* indicherà la velocità effettiva dell'aereo in modo esatto od approssimato, secondo che nell'operazione 2ª si è introdotta la quota *H* o la durata di traiettoria *T*;

2°) tenendo fissa la graduazione della velocità trovata, agendo al bottone *B* si fa segnare all'indice *I* la quota relativa aereo-bersaglio; la visuale *p* così determinata rappresenta la linea di tiro.

Quest'ultimo metodo (2° caso) non è da applicarsi quando si lanciano bombe a velocità limite bassa (bombe di piccolo peso e di forma poco penetrante) e va sostituito col metodo di puntamento a tempo a mezzo del cronometro a ritorno.

Tiro a tempo a mezzo del cronometro a ritorno.

Le operazioni da compiere sono:

1°) si fa segnare l'angolo di ritardazione sia sul traguardo propriamente detto sia sulla graduazione ε del supporto;

2°) si ruota il cilindro *C* fino a segnare sulla graduazione *V* una velocità che sia sicuramente superiore a quella relativa dell'aereo rispetto al bersaglio.

Agendo al bottone (*B*) si fa coincidere l'indice *K* con la curva indicante la quota di volo. In seguito a questa operazione le visuali *p* ed *s* vengono ad assumere una posizione determinata;

3°) porre l'indice mobile del contasecondi a ritorno in corrispondenza della metà del tempo di caduta della bomba, tempo da leggere nelle tavole di tiro. In mancanza delle tavole porre l'indice in corrispondenza della quota di volo;

4°) nell'istante in cui la visuale *p* passa per il bersaglio, mettere in moto la lancetta del contasecondi; successivamente e nell'istante in cui la visuale *s* passa per il bersaglio premere di nuovo il bottone di comando del contasecondi, e quando la lancetta, tornando indietro, incontra l'indice si sganciano le bombe.

Naturalmente, il *traguardo* che ora abbiamo descritto è stato realizzato per effettuare il tiro con i due principali sistemi di puntamento che abbiamo precedentemente enunciati.

Vi sono tuttavia altri sistemi di puntamento (Boykov, a sincronizzazione, ecc.), i quali richiedono *traguardi* che si differenziano totalmente da quello esaminato.

IL TRAGUARDO E LA TEORIA

Fino a questo momento il nostro scopo principale (e speriamo di averlo raggiunto!) è stato quello di presentare il *tiro di caduta* con semplicità lineare, cercando di fissare i concetti base ed evitando comunque il ricorso ad espressioni e raffronti, che avrebbero potuto creare qualche difficoltà per i lettori meno preparati.

Se siamo riusciti nel nostro intento, quanto detto fino ad ora dovrebbe bastare. Tuttavia, per gli allievi in possesso di maggiori cognizioni, può essere utile illustrare meglio la teoria, in rapporto all'uso del *traguardo di puntamento* che abbiamo precedentemente descritto.

Richiamiamoci alla figura 60.

Dal triangolo BAP si ha: $BP = AP\ tg\ \varepsilon$, e poichè $AP = H$, quota di volo, $BP = H\ tg\ \varepsilon$. Essendo ε molto piccolo, il valore di tale angolo, in millesimi, si può ritenere coincida con il valore della tg. Si può quindi scrivere $BP = H\ \varepsilon$, cioè « il *ritardo* (spazio) è uguale alla quota per l'angolo di ritardazione ».

La gittata X è uguale ad S meno il *ritardo*. Indicando con V la velocità del velivolo e con T il *tempo di caduta* di una data bomba, avremo: $X = VT - H\varepsilon$.

Per il tiro in deriva, i moti dell'aereo e della bomba possono essere riferiti a due assi ortogonali $x\ y$, solidali all'atmosfera e con l'asse x contenente la velocità dell'aereo. In presenza di vento di velocità v, nel *tempo di caduta* tutto il sistema $x\ y$ si sposta rispetto al terreno parallelamente a se stesso di uno spazio vT. Se indichiamo con V_r la velocità risultante del velivolo rispetto

al terreno e con δ l'angolo di deriva, è possibile vedere (con una costruzione che non è molto facile rappresentare in una sola figura con la dovuta chiarezza) che il punto di caduta della bomba si trova sottovento alla traccia a terra del piano verticale della V_r, ad una distanza da questa uguale ad $H \varepsilon$ sen δ, cioè ad una distanza uguale al *ritardo* per il seno dell'angolo di deriva. $H \varepsilon$ sen δ rappresenta dunque l'*errore in direzione.*

Un medesimo ragionamento può ripetersi per il tiro contro bersaglio mobile, ove la velocità risultante è rappresentata dalla *velocità di avvicinamento* (velocità relativa) e l'angolo di deriva vien sostituito dall'*angolo di rilevamento* ρ. L'*errore in direzione* è dato da $H \varepsilon$ sen ρ. Ruotando *il piano di mira,* intorno alla V_r, dell'angolo ε sen ρ, l'errore viene eliminato, poichè il punto di caduta della bomba verrà a trovarsi sulla intersezione delle tracce sul suolo del piano verticale contenente la V e del piano inclinato contenente la V_r. Nel *traguardo* da noi descritto l'errore viene eliminato con l'azione di un congegno automatico che fa ruotare il *piano di mira* dell'angolo ε sen ρ allorchè si introduce nella graduazione ε l'*angolo di ritardazione* e successivamente si fa segnare alla graduazione ρ l'*angolo di rilevamento.*

TIRO DI CADUTA CONTRO NAVI IN MOTO

Descritto anche il traguardo di puntamento, merita di esaminare un po' meglio il tiro contro navi in moto, tiro che presenta notevoli difficoltà e che costituisce il caso più reale dell'attacco contro bersagli in movimento.

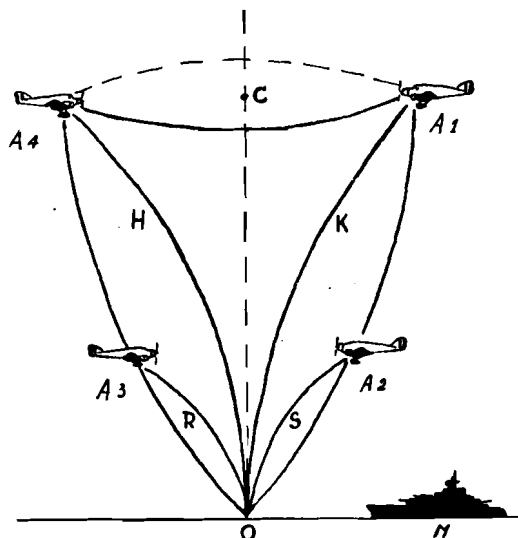



Fig. 78.

Prescindendo dal *tiro a tuffo*, per il quale gli studi e le esperienze in corso stanno ormai per dire la parola definitiva, esaminiamo l'azione di bombardamento effettuata da aerei in volo orizzontale.

Chiameremo *conoide di bombardamento* il luogo dei punti che deve raggiungere un aereo per poter colpire la nave. Nel caso che la nave N abbia velocità V_n, è necessario far cadere la bomba in un punto O della sua rotta, situato a prora della nave di una quantità $NO = V_n\ T$, dove T è il tempo di caduta della bomba considerata (fig. 78).

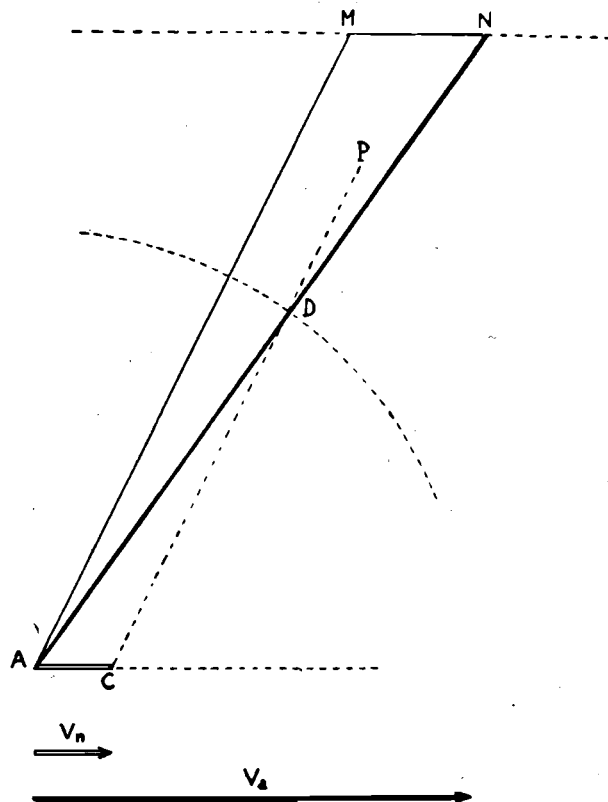



Fig. 79.

Il luogo dei punti predetto sarà una superficie conoidale col vertice in O e la cui sezione verticale avrà una forma del tipo della curva A_1, A_2, O, A_3, A_4. L'intersezione della *conoide* con piani orizzontali darà i *cerchi di lancio* alle varie quote: H, K, R, S, rappresentano le traiettorie dei proietti di caduta.

Il problema del tiro non è facile, perchè la determinazione del punto O esige l'apprezzamento esatto della rotta, velocità e quota dell'aereo, e quello ugualmente esatto della rotta e velocità della nave.

Iniziamo la trattazione dall'origine, anche se il problema cinematico invade, in un primo tempo, il campo della « navigazione ».

Supponiamo che nello stesso istante t, l'aereo si trovi sul cielo dell'Aeroporto A e la nave sia stata avvistata nel punto M (oltre la posizione, l'avvistatore ha apprezzato anche rotta e velocità).

Sia V_a la velocità del velivolo e V_n la velocità della nave (nella stessa scala). Supponiamo che la rotta della nave corrisponda in direzione e senso al vettore che rappresenta la V_n (fig. 79).

Perchè l'aereo possa portarsi sulla nave deve seguire la rotta di collisione.

Richiamiamo la costruzione che serve a tracciare tale rotta di collisione. Si unisca *A* col punto *M*. Si conduca da *A* una retta parallela alla rotta della nave e su di essa si prenda un segmento *AC* uguale alla velocità V_n. Da *C* si conduca la parallela *CP* alla congiungente i punti *A* ed *M*. Con centro in *A* e con raggio uguale a V_a si tracci un cerchio che incontrerà la *CP* nel punto *D*. La congiungente *AD* rappresenta la rotta di collisione richiesta. Seguendo tale rotta il velivolo incontrerà la nave nel punto *N* (situato sulla rotta della nave). Dalla figura è possibile ricavare anche l'istante in cui avverrà l'incontro: nel tempo che l'aereo impiega a percorrere la distanza *AN* la nave si sarà portata da *M* in *N*.

Abbiamo già detto che la rotta e la velocità della nave sono state apprezzate; abbiamo anche supposto che la nave mantenesse costante rotta e velocità, durante il tempo che il velivolo impiega a coprire la distanza *AN*. Ciò, senza dubbio, non sarà esatto in tutti i casi, e quasi sempre ci troveremo di fronte ad apprezzamenti non assolutamente sicuri di rotta e velocità. Tuttavia, data la elevata velocità dei velivoli in rapporto alla velocità della nave e dato il raggio di visibilità dall'alto (1), se la distanza *AN* non è grandissima, si può ritenere che il punto *N* rappresenti un sicuro ed attendibile punto di riferimento per l'incontro aereo-nave.

In effetti, data una certa quota ed una certa (e costante) trasparenza dell'atmosfera, il velivolo per avvistare la nave dovrà portarsi sul *cerchio d'avvistamento* che, nelle condizioni considerate, rappresenta il luogo dei punti che deve raggiungere un aereo per avvistare la nave.

Giunto nel *cerchio d'avvistamento*, il velivolo può scegliere la rotta di attacco.

Parlando del *tiro di caduta contro bersaglio in moto* abbiamo accennato all'attacco di una nave per *rotta di collisione*. E' chiaro che in tal caso non si può più accettare la larghezza consentita nella *rotta di collisione* per portarsi sul cielo di una nave precedentemente avvistata.

Abbiamo visto nelle figure 68 e 69 che, per velocità aereo e nave differentemente orientate, occorrerà determinare e mantenere durante l'attacco un angolo ρ, angolo formato fra la velocità dell'aereo e la velocità di avvicinamento (detta anche velocità relativa). E' molto difficile determinare e mante-

---

(1) Il raggio di visibilità dipende dalla quota, dalla trasparenza dell'atmosfera, dall'acutezza visiva dell'osservatore, accresciuta da mezzi ottici. Il raggio di visibilità è di 39 Km. da 100 m., di 53 Km. da 200 m., di 85 Km. da 500 m., di 122 Km. da 1000 m., crescendo sempre con la quota. Tali raggi di visibilità hanno valore teorico, giacchè trovano un ostacolo nella capacità visiva dell'uomo. La capacità visiva di un osservatore consente l'avvistamento di una nave senza fumo ad una distanza variabile a seconda della trasparenza dell'atmosfera e compresa, nelle condizioni normali, tra 27 e 46 Km.

nere esattamente questo angolo. Insieme con l'angolo di ritardazione, anche tale angolo ρ va introdotto nel *traguardo di puntamento*, per correggere l'errore in direzione.

Le difficoltà aumentano ancora se la nave evoluisce, dato che la continua variazione della rotta della nave e della sua velocità, o di entrambi tali elementi, richiederebbe una continua variazione dell'*angolo di rilevamento* ρ.

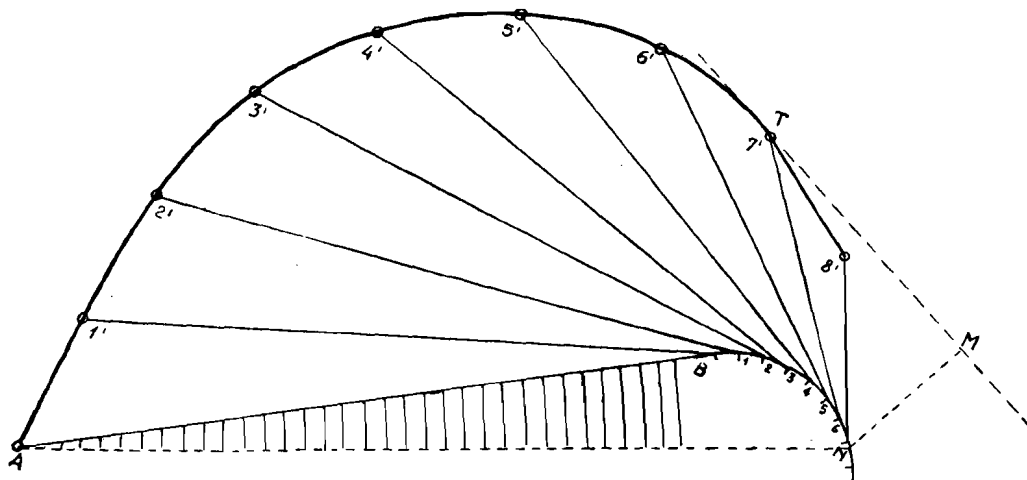



Fig. 80.

Se ne deduce che la rotta di attacco preferibile è quella contenuta nello stesso piano verticale della rotta della nave. E poichè la velocità relativa sarà massima attaccando la nave di prua, si può affermare che l'attacco più conveniente è quello di poppa, che dà la minima velocità di avvicinamento e quindi permette di eseguire con maggior agio le operazioni di puntamento. Da poppa, è anche più facile percepire le accostate della nave con l'osservazione della scia.

L'attacco da poppa non va tuttavia interpretato nel senso che il velivolo si deve costantemente mantenere nella direzione della rotta della nave. In tal caso, figura 80, supposta inizialmente la nave in *B* e l'aereo in *A* (diretto di poppa alla nave), nei tempi successivi, mentre la nave raggiungerà nella sua evoluzione i punti 1, 2, 3, 4, ecc., l'aereo dovrà occupare i corrispondenti punti 1', 2', 3', ecc. Prescindendo dal fatto che è quasi impossibile per il velivolo seguire tale rotta e mantenersi costantemente di poppa alla nave, le bombe, lanciate ad esempio dal punto *T*, cadrebbero in *M*, mentre la nave avrebbe raggiunto il punto *N*. Infatti le bombe cadrebbero secondo il piano verticale contenente la tangente alla curva descritta dal velivolo (piano di tiro) e tale piano si discosta notevolmente dal piano verticale contenente la congiungente velivolo-nave (piano di mira).

E' invece molto più opportuno che il velivolo, pur iniziando da *A* l'attacco di poppa, miri un punto della nave (meglio se tale punto è in prossimità della

prua) senza preoccuparsi delle successive direzioni della rotta di essa. In tal caso l'aereo si mantiene nel settore $B A N$, ed il piano di tiro si potrebbe, con una certa approssimazione, ritenere coincidente con il piano di mira.

Contro nave che evoluisce, la scia può costituire sempre un ottimo riferimento (fig. 81) anche nelle manovre di serpeggiamento.

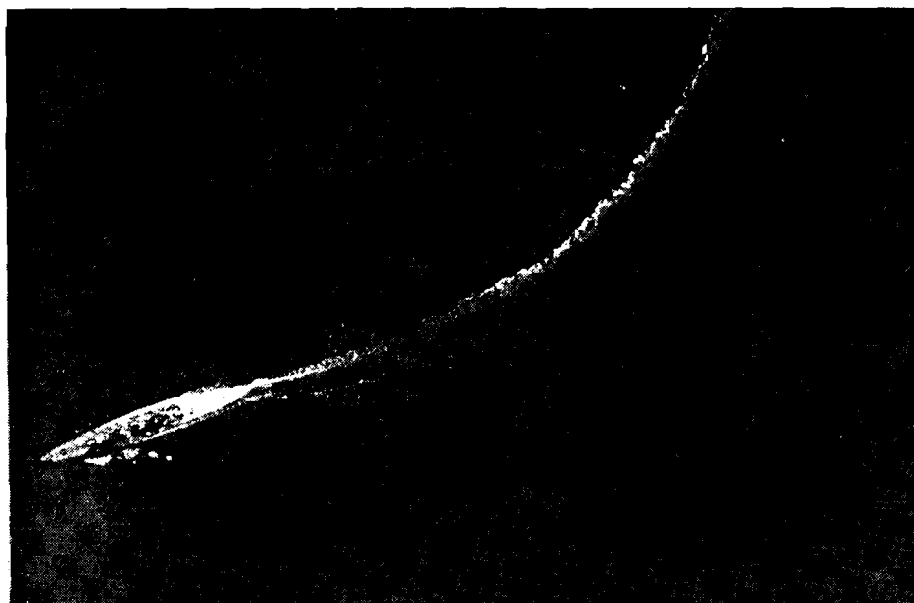



Fig. 81.

Nel complesso il tiro individuale contro nave in evoluzione è molto difficile. Il *tiro in formazione* ed il *lancio in serie*, come vedremo meglio in seguito, possono venire in aiuto per una soluzione favorevole.

Con quanto abbiamo detto in questo momento non si è voluto tuttavia affermare che l'attacco di poppa costituisca legge in ogni caso. Esso è il più conveniente, ma altre considerazioni di natura tattica (condizioni di luce, posizione del sole, cortine di nebbia ecc.) possono consigliare di attaccare la nave da una direzione diversa.

BOMBE

Prende il nome di *bomba* (o proietto di caduta) quell'ordigno che viene lasciato cadere da un velivolo su un bersaglio per causarvi, con lo scoppio dell'esplosivo che contiene, il maggior danno possibile.

Per ottenere sul bersaglio effetti rilevanti, è necessario che le bombe contengano una grande quantità di alto esplosivo. Poichè le bombe non sono soggette all'enorme tormento di lancio come i proiettili per bocche da fuoco, gli involucri dei proietti di caduta possono essere in genere di piccolo spessore. Si ottiene così un alto *rendimento,* intendendo per tale espressione il rapporto fra il peso della carica di scoppio ed il peso della bomba completa, pronto per il tiro.

Per le bombe da aereo, il *rendimento* ha valori elevati, che possono giungere fino al 55 %.

Le bombe debbono rispondere ai seguenti requisiti:

a) massimo effetto sul bersaglio;
b) sicurezza di conservazione, di trasporto e di impiego;
c) minimo peso e minimo ingombro, relativamente alla loro potenza;
d) stabilità lungo la traiettoria.

In base al loro peso esse si suddividono in:

— bombe di *piccolo calibro,* se inferiori a 25 Kg.;
— bombe di *medio calibro,* fra i 25 Kg. e 100 Kg. inclusi;
— bombe di *grosso calibro,* da 100 Kg. in su.

Una bomba si compone delle seguenti parti: *involucro, governale, spoletta, carica, detonatore.*

Involucro. — L'*involucro* consta di un recipiente metallico, quasi sempre di acciaio, destinato a contenere la carica di scoppio. La forma esterna è studiata in maniera da offrire la minima resistenza possibile all'avanzamento. Lo spessore varia col tipo di bomba.

L'involucro ha generalmente forma cilindro-ogivale: la parte centrale si chiama *corpo;* la parte posteriore prende il nome di *fondello;* la parte anteriore, destinata a colpire il bersaglio, si chiama *ogiva.*

Spesso l'involucro, per facilità di lavorazione e per comodità di caricamento, è fatto in due o tre pezzi, uniti fra loro.

A seconda del tipo di bomba, il fondello o l'ogiva, ed alle volte entrambi, presentano un foro a madrevite, chiamato *bocchino*, per l'alloggiamento della spoletta.

Governale. — Una bomba sprovvista di governale, lasciata cadere da un velivolo, è instabile lungo la traiettoria e si capovolge.

Consideriamo (fig. 82-A) un proiettile lasciato cadere da un aereo e sprovvisto di governale. Sia G il *centro di gravità* dove è applicata la forza peso P. Sia T la direzione della traiettoria.

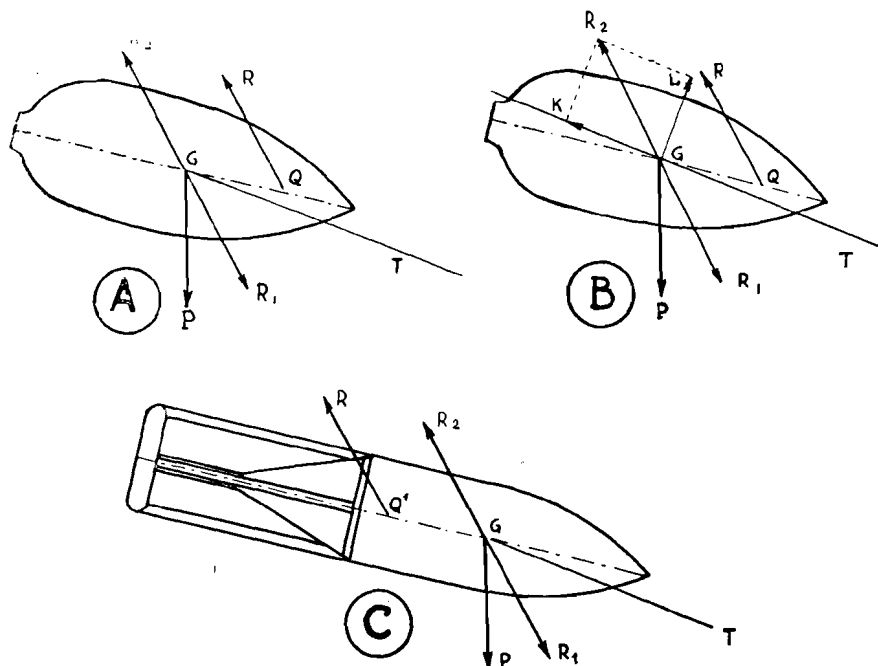



Fig. 82.

La risultante R di tutte le resistenze elementari, dovute all'aria, avrà un punto di applicazione Q, detto *centro di spinta*, situato avanti (verso l'ogiva) al centro di gravità.

Per esaminare l'effetto della resistenza dell'aria, si trasporti la forza R in G: si applichino cioè al *centro di gravità* due forze R_1 ed R_2, uguali e parallele alla R e di senso contrario fra loro. Il proietto si può considerare allora soggetto alla *forza peso* P, alla forza R_2 ed alla coppia R R_1. Il peso P ha solo per effetto di abbassare il *centro di gravità* del proietto; la forza R_2 (fig. 82-B) si può scomporre in due forze K ed L, rispettivamente nella direzione della traiettoria (e quindi della velocità della bomba, ma in senso contrario) e della normale ad essa: la K non fa che diminuire la velocità della bomba e si chiama perciò *forza ritardatrice*, mentre la L si può scomporre secondo la verticale e l'orizzontale passanti per G (per non complicare la rappresentazione tale

scomposizione non è stata effettuata nella figura) in due forze di cui una si oppone al peso e l'altra tende a spostare il *centro di gravità* e viene pertanto detta *forza deviatrice*; la coppia $R\ R_1$ tende a capovolgere la bomba.

Qualora invece (fig. 82-C) il *centro di resistenza* si trovasse in Q', indietro al *centro di gravità*, ripetendo la costruzione si può vedere che la coppia $R\ R_1$ tende a mantenere la bomba con l'ogiva in basso.

Il *governale* ha appunto lo scopo di introdurre una resistenza addizionale nella parte posteriore della bomba, onde spostare indietro il *centro di resistenza* ed ottenere così che la bomba sia stabile lungo la traiettoria.

I governali possono essere di vario tipo: di solito sono costituiti da quattro alette incrociantisi ad angolo retto (fig. 83), provviste o meno di un cerchio di rinforzo, e fissate al fondello della bomba.

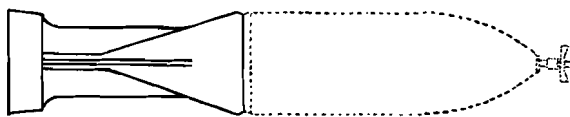



Fig. 83.

La stabilizzazione può essere ottenuta anche usando governali ad alette inclinate, rispetto alle generatrici della bomba, tali da imprimere al proietto un moto di rotazione attorno al proprio asse.

I governali sono spesso costruiti in elektron.

Spoletta. — La *spoletta* è il congegno che serve a determinare lo scoppio della bomba.

Le *spolette* possono essere di vario tipo, e sono costituite da un *corpo di spoletta*, che si avvita al *bocchino* e che contiene gli organi necessari a provocare la deflagrazione della cassula: *alcuni congegni di sicurezza* impediscono il funzionamento dei suddetti organi nei trasporti (a terra ed in volo) e durante il primo tratto della caduta della bomba. Alla spoletta è unito il *detonatore*, destinato a provocare con la propria detonazione la successiva esplosione della carica.

La figura 84 rappresenta un tipo di spoletta. Il *detonatore* (fig. 84-II) viene avvitato alla *spoletta* (fig. 84-I) e contiene la *carica di infiammazione* (22), due cilindretti di *polvere nera* (23 e 24) e la *carica di rinforzo* (21).

Nel corpo di spoletta (fig. 84-I) si nota il *percuotitoio* (6) che presenta una cavità per l'alloggiamento dell'*asta* (7): quest'*asta* porta superiormente una *filettatura* (8) ed un'*elichetta* (9). Il *percuotitoio* presenta una scanalatura anulare esterna (10) e dei fori per l'alloggiamento delle *sferette* (11), mentre nella parte inferiore porta uno o due *spilli* (12) secondo il numero delle cassule. Il *porta cassule* (13) contiene gli inneschi che comunicano l'urto iniziale alla polvere nera.

La *sicurezza durante il primo tratto della caduta* è data dall'asta dell'elica e dalle sferette: in posizione di sicurezza, l'asta, essendo avvitata, obbliga le sferette ad adagiarsi nella scanalatura, praticata nel corpo della spoletta, in modo da bloccare il percuotitoio.

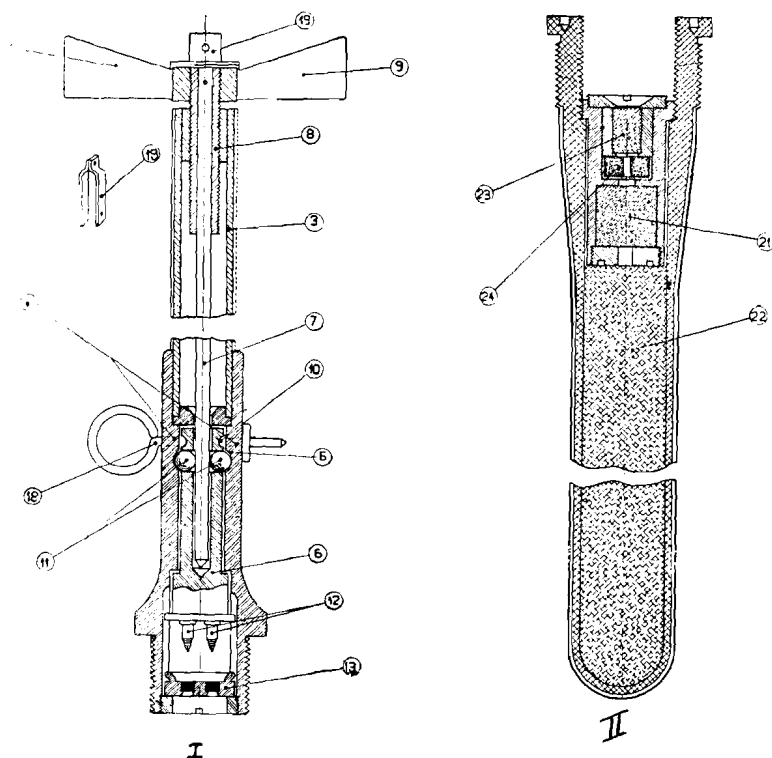



Fig. 84.

La *sicurezza a terra* è data dalla *spina di sicurezza* (18) che, attraversando il *foro* (4) del corpo di spoletta e la *scanalatura esterna* (10) del percuotitoio, impedisce a quest'ultimo qualsiasi movimento.

La *sicurezza in volo* è data dalla *forcella di sicurezza* (19) che, abbracciando il tubo porta asta dell'elichetta, impedisce lo svitamento di quest'ultima.

Quando il velivolo è pronto per partire, si toglie dalla bomba la *spina di sicurezza.* All'atto dello sgancio, la *forcella di sicurezza* si sfila automaticamente e l'*elichetta* può così girare per effetto della resistenza dell'aria contro le sue pale. Dopo circa 250 m. di caduta della bomba, l'*asta*, completamente svitata, si sfila dal suo alloggiamento. Le due *sferette* possono allora rientrare nei loro fori, lasciando libera la *massa battente*: quando la bomba si arresta sul terreno, detta massa, per inerzia, va a battere con gli *spilli* contro la cassula, determinando lo scoppio della bomba.

Come si è già detto, le spolette possono essere di vario tipo e differiscono sia per i sistemi di funzionamento come per i particolari costruttivi. Si è preferito accennare al tipo sopra descritto, unicamente perchè in esso si ritrovano alcuni principî generali di spolette diverse (1).

Carica. — La *carica* è costituita da alto esplosivo, generalmente tritolo.

Nel caso che il caricamento avvenga con esplosivo fuso, la fusione può esser fatta o direttamente nell'involucro od in recipiente a parte, avente la stessa forma della cavità interna della bomba.

Nelle bombe di grosso calibro la *carica* è costituita, a volte, di più *elementi*, fusi a parte.

La carica di scoppio per bombe contenenti *aggressivi* deve esser tale da non decomporre la sostanza chimica all'atto dell'esplosione. Questa carica deve esser capace di lanciare a notevole distanza la sostanza contenuta nel proiettile, quando si tratti di *aggressivi persistenti* o *di aggressivi* che sono liquidi a temperatura ordinaria; deve esser capace di aprire soltanto il proietto, se gli *aggressivi* sono gassosi od evaporano rapidamente a temperatura ordinaria.

Detonatore. — Il *detonatore* (fig. 84-II) è generalmente costituito di un insieme di cariche, contenute in un bossolo di acciaio, destinate a provocare, con la loro detonazione, quella della carica di scoppio nella quale il detonatore è alloggiato.

CLASSIFICAZIONE DELLE BOMBE

Nei riguardi dell'impiego, le bombe vengono così classificate:

a) *Contro bersagli animati.*

b) *Contro bersagli di poca resistenza* (impianti ferroviari, abitati, magazzini, etc.).

c) *Contro bersagli di speciale resistenza* (navi di superficie e di profondità, arsenali e forti, magazzini interrati, etc.).

---

(1) Per determinati scopi (bombe per tiro contro formazioni di velivoli, bombe cariche di aggressivi persistenti ecc.) sono state costruite speciali spolette graduabili a tempo, con funzionamento aerodinamico. La graduazione della spoletta, cioè la regolazione del percorso dopo il quale la spoletta deve determinare lo scoppio della carica della bomba, viene ottenuta variando l'incidenza delle pale dell'*elichetta.*

Per le bombe cariche di *aggressivi persistenti liquidi,* la quota di scoppio più conveniente si ritiene quella compresa fra i 250÷300 m. sul terreno, in modo da ottenere — semprechè il vento al suolo non sia *forte* — che la pioggia di aggressivo irrori una zona molto vasta, con una concentrazione tuttavia tale da garantirne il *potere aggressivo.*

Anche le spolette per bombe anti-sommergibile sono graduabili per funzionare a determinate profondità.

d) *A caricamento speciale* (bombe ad aggressivi chimici, incendiarie, fumogene, etc.).

Bombe contro bersagli animati — Le bombe da usarsi contro bersagli animati, dovendo agire essenzialmente con la proiezione delle schegge, sono a frattura prestabilita (ciò che facilita la rottura del proiettile in numerosissime parti), ed hanno un valore non elevato del rapporto fra carica e peso.

Appartengono a questa classe la *bombetta spezzone*, da Kg. 2, cilindrica, sprovvista di impennaggio, e la *bomba* da Kg. 12.

La *bomba da 12* (fig. 85) ha avvolto sul corpo (4), a leggera tensione, una barretta di ferro duro a sezione rettangolare (2). Il governale, costituito da un cono di lamierino (8) munito di 4 alette (10), è permanentemente fissato al fondello (6). La carica (1) è di tritolo fuso. Il corpo di spoletta è avvitato al bocchino, mediante apposita filettatura (5).

Bombe contro bersagli di poca resistenza — Le bombe da usarsi contro bersagli di poca resistenza, dovendo essenzialmente agire con la potenza di scoppio, hanno un notevole valore del rapporto fra carica e peso (dal 25 % al 40 %). Appartengono a questa classe le bombe di peso dai 15 ai 100 Kg. (1).

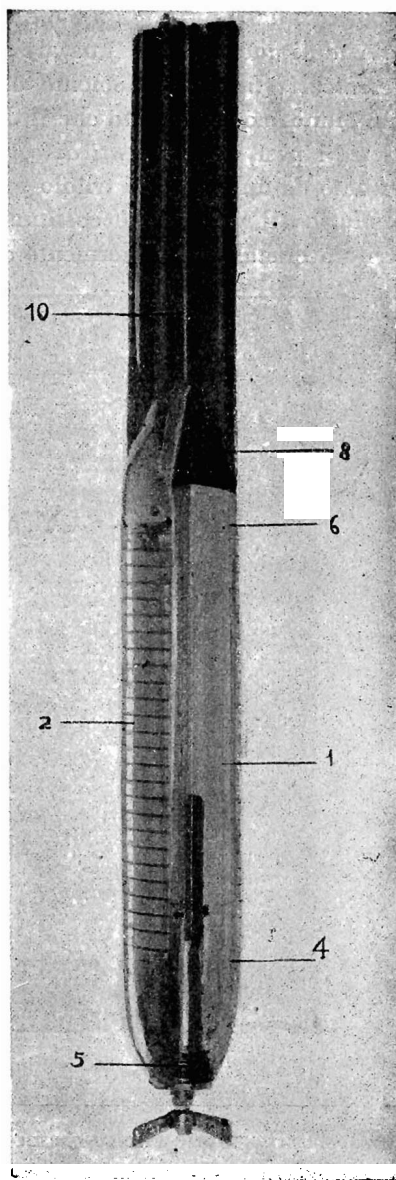



Fig. 85.

Bombe contro bersagli di speciale resistenza. — Le bombe da usarsi contro bersagli di speciale resistenza, dato lo scopo cui tendono, debbono avere alto *rendimento* (dal 45 % al 50 %). Appartengono a questa classe le bombe

(1) Si possono far rientrare in questa categoria anche le bombe contro-aerei, con spolette a tempo.

da 250 Kg., da 500 Kg. (fig. 86) e da 800 Kg.: dette bombe sono generalmente provviste di due spolette (una al fondello ed una all'ogiva) ed hanno la carica ad *elementi* (fig. 87) (elemento di ogiva, elemento di fondello, elementi di corpo cilindrico (3)). Dato che il diametro interno di tali bombe è uguale per tutti tre i pesi, gli *elementi di carica* sono intercambiabili. Ciascun elemento è formato da un blocco di tritolo fuso (1), avente lungo l'asse, come detonatore secondario (il primario è costituito dai detonatori delle spolette) una carica di tritolo cristallino, leggermente compresso (2).

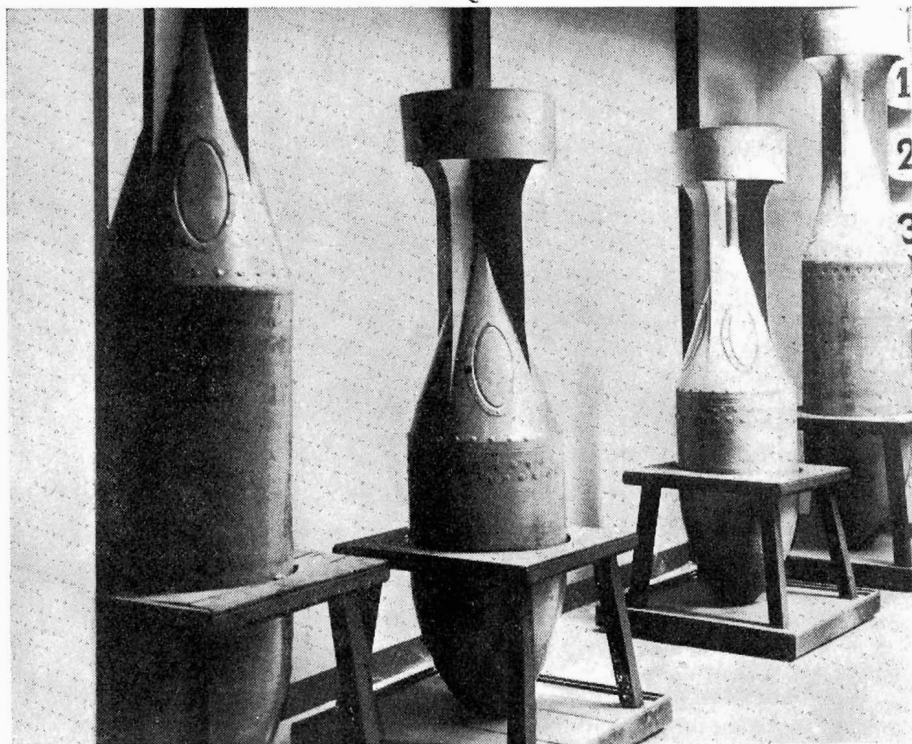



Fig. 86. — Bombe da 250 e da 500 Kg.

La classificazione che abbiamo adottata va intesa soltanto in senso teorico, come riferimento da accogliersi con una certa larghezza. Infatti, sulle caratteristiche della bomba non influisce soltanto il peso, ma anche un complesso di vari elementi (quantità e tipo dell'alto esplosivo, dimensioni e resistenza dell'ogiva, spoletta più o meno ritardata ecc.). In particolare, riesce molto difficile stabilire una netta differenza di peso fra le bombe *contro bersagli di poca resistenza* e le *bombe contro bersagli di speciale resistenza.* Ad esempio, alcuni tipi di bombe da 100 Kg., sono destinati al tiro contro bersagli molto resistenti. Altro elemento che rende non completamente esatta la classificazione è rappresentato dalla difficoltà di far rientrare nelle categorie elencate le bombe controaerei e le bombe anti-sommergibile, che oscillano fra pesi molto diversi.

E' del pari difficile precisare l'effetto delle bombe ad alto esplosivo sui vari bersagli. Come è noto, l'effetto dell'esplosione dipende dalle condizioni nelle quali la bomba è fatta esplodere (con o senza penetrazione, in locali con pareti molto o poco resistenti ecc.).

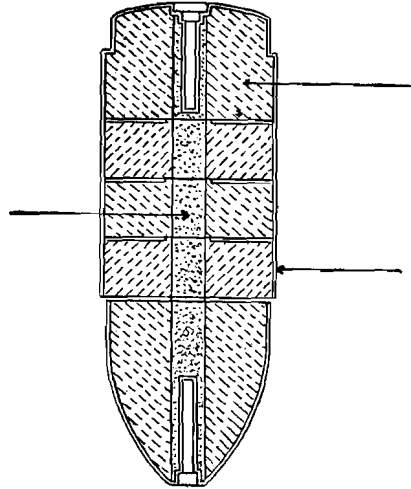



Fig. 87.

Come grossolano riferimento pratico si possono indicare le seguenti espressioni, dove E indica il peso dell'alto esplosivo contenuto nel proietto considerato:

— il cono prodotto dall'esplosione sul suolo ha un raggio di:

$$0{,}33 \sqrt{E} \; ;$$

— all'aperto la bomba può produrre danni entro un raggio di:

$$10 \sqrt{E} \; .$$

Bombe a caricamento speciale. — Le bombe a caricamento speciale possono essere di vario tipo, a seconda dell'uso cui sono destinate. I proietti di questa categoria possono contenere rispettivamente sostanze: *asfissianti, lacrimogene, asfissianti-lacrimogene, starnutatorie, vescicatorie, fumogene, nebbiogene, incendiarie.*

Ciascun tipo di bomba, a seconda della sostanza contenuta, è contraddistinta da segni diversi, costituiti in generale da sigle e da fasce diversamente colorate (1).

(1) Si possono far rientrare in questa categoria anche alcune bombe che, più che per le caratteristiche di caricamento, si differenziano dalle altre per gli speciali scopi cui sono destinate: ad esempio, le bombette impiegate per determinare la quota, onde poter poi esattamente graduare le spolette « a tempo » di alcuni tipi di proietti di caduta, e le bombette fumogene, adoperate per il rilievo del vento al suolo e per l'apprezzamento approssimativo della velocità di esso.

Le bombe incendiarie constano di un involucro generalmente in elektron, di una spoletta, di una carica di accensione solitamente di polvere nera, di una carica incendiaria formata da *termite.* La *termite,* bruciando, sviluppa una temperatura fra i 2700° ed i 3000°. Vi sono bombe incendiarie da Kg. 1 e da Kg. 2, sprovviste di governale, e bombe da 20 Kg., munite di governale (1).

PROIETTI DA ESERCITAZIONE

Per l'addestramento degli equipaggi, vengono impiegati speciali proiettili da esercitazione, i quali debbono avere la proprietà di permettere di individuare facilmente il punto di caduta. Inoltre, debbono risultare adattabili alle diverse istallazioni per bombe, istallazioni che spesso differiscono da tipo a tipo di velivolo.

Debbono esser provvisti di governale, ed avere piccole spolette di facile costruzione e di funzionamento semplice e sicuro.

Per il tiro di caduta su terra, i proiettili da esercitazione contengono una carica fumogena. Per il tiro in acqua, contengono, a volte, una sostanza fortemente colorante, la quale, proiettata dallo scoppio della spoletta, determina una macchia molto visibile anche da quote elevate.

Per il tiro notturno, i proiettili contengono una carica luminosa.

Vi sono in distribuzione bombe da esercitazione da Kg. 5 e da Kg. 12.

SILURI

Contro le navi, i velivoli possono impiegare anche il *siluro.* Esso, che per le sue speciali caratteristiche non può essere classificato fra le bombe, si può ritenere, nei riguardi dell'impiego, come facente parte dell'armamento di caduta.

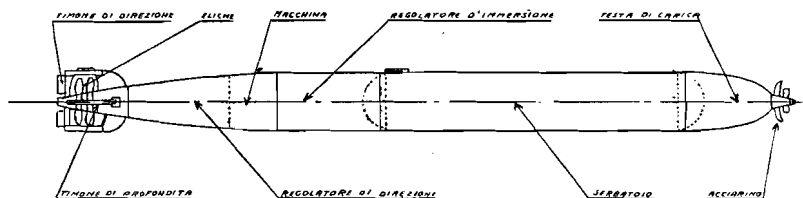



Fig. 38.

Il *siluro* (fig. 88) ha la proprietà di essere *autopropellente* e di poter quindi avanzare nella *profondità* e nella *direzione* prestabilite, fino ad andare ad urtare contro la carena della nave nemica: in seguito all'urto, funziona il *con-*

(1) Alcune bombe incendiarie, oltre la *termite,* contengono anche una certa quantità di *nafta,* per aumentare il raggio di azione e la quantità di calore. Spesso alla nafta è unita anche essenza di trementina e colofònia (pece greca).

gegno d'accensione, che produce l'esplosione della *carica* contenuta nella *testa del siluro.* Esso è provvisto dei seguenti organi:

a) organi di locomozione;
b) regolatori d'immersione (detti anche regolatori di profondità);
c) regolatore di direzione;
d) carica di scoppio con relativo congegno di accensione.

Gli *organi di locomozione* sono costituiti dalle *eliche* e dalla *macchina* destinata a farle girare.

Le *eliche,* in numero di due, hanno il mozzo sullo stesso asse e girano sempre in senso inverso, per conseguire l'equilibrio fra le coppie di rotazione.

La *macchina,* soltanto in qualche caso *elettrica,* è generalmente del tipo *alternativo* od a *turbina,* funzionante con aria compressa contenuta in un apposito serbatoio.

I *regolatori di immersione* hanno lo scopo di mantenere il siluro, durante la corsa, alla profondità voluta e sono costituiti da un *piatto idrostatico* e da un *pendolo*: Sul primo agiscono da una parte la pressione dell'acqua (proporzionale alla profondità) e dall'altra una molla regolabile per la profondità voluta; il secondo si inclina appena il siluro tende ad aumentare o diminuire la propria immersione. Piatto e pendolo possono agire, attraverso un *servomotore* che ne rinforza i movimenti, sui timoni di profondità, manovrandoli in maniera da correggere le eventuali variazioni di immersione.

Il *regolatore di direzione* ha lo scopo di mantenere il siluro, durante la corsa, nella direzione voluta, direzione che è in generale quella di lancio: è costituito da un *giroscopio,* che viene messo in moto all'istante del lancio: L'asse del giroscopio deve essere parallelo alla direzione di lancio. Se durante la corsa il siluro devia dalla rotta stabilita, verranno a variare le posizioni relative *asse-siluro* ed *asse-giroscopio* (detto *guidasiluro*); a mezzo di un *servomotore,* il *guidasiluro* agisce allora sui timoni di direzione, riportando il siluro nella rotta iniziale.

La *carica di scoppio* è costituita da una certa quantità (100 ÷ 200 Kg.) di alto esplosivo, generalmente tritolo, che viene fatto esplodere da un *congegno di accensione,* funzionante a percussione (*acciarino*). Poichè le navi possono difendersi mediante apposite reti, dette *parasiluri,* i siluri sono spesso muniti di uno speciale *acciarino tagliareti,* costituito da uno o più coltelli, capaci di produrre nelle reti un foro sufficiente per il passaggio del siluro.

Questi vari organi sono allogati in diversi compartimenti, come è indicato schematicamente nella figura 88.

Dai velivoli, il lancio del siluro (1) viene compiuto a pochi metri dal pelo dell'acqua. Ciononostante, si è riscontrato che i comuni siluri, usati in Marina nelle navi di superficie e di profondità, subiscono spesso delle avarie, all'urto sull'acqua. Nei siluri per impiego aeronautico è stato necessario rinforzare convenientemente alcune parti.

---

(1) Per il lancio del siluro dai velivoli, vengono impiegati speciali traguardi di puntamento.

Caratteristiche di alcuni tipi di bombe

TIPO DELLA BOMBA	Peso della bomba completa kg.	Peso della carica di scoppio kg.	Diametro del corpo della bomba mm.	Dimensione trasversale massima della bomba completa mm.	Lunghezza dell'involucro mm.	Lunghezza della bomba completa mm.
Bomba da 800 - Mod. 28	800 circa	357	458	458	1890	3560
Bomba da 500 - Mod. 28	500 »	220	458	458	1311	2590
Bomba da 250 - Mod. 28	250 »	120	446	453	825	2020
Bomba da 160 A S	160 »	110	—	—	—	—
Bomba mina da 100	100 »	27,500	252	254	769	1233
Bomba torpedine da 50.	50 »	25	252	254	605	980
Bomba mina da 31	31 »	10,500	162	190	545	800
Bomba mina da 15	15 »	5,600	120	160	548	790
Bomba da 12	12 »	1,800	90	95	434	823
Bombetta spezzone da 2	2 »	0,360	70	70	115	150
Bombetta incendiaria da 2 (mista) . .	2 »	—	70	70	270	307
Proietto da esercitazione da 5 . . .	5 »	0,500	140	140	230	450
Siluro $\frac{A\ 110}{450}$ 5,28	743	110	—	—	senza testa 4470	5280

ISTALLAZIONI PER BOMBE

Per *istallazione per bombe*, s'intende quel congegno o quel complesso di congegni rigidamente fissati all'aereo ed aventi lo scopo di sostenere le bombe e di permetterne lo sgancio simultaneo o successivo.

Appare evidente l'opportunità di impiegare istallazioni che, trattenendo la bomba già in posizione orizzontale, permettano al proietto di essere sganciato con l'asse orizzontale, ossia tangente all'origine della traiettoria.

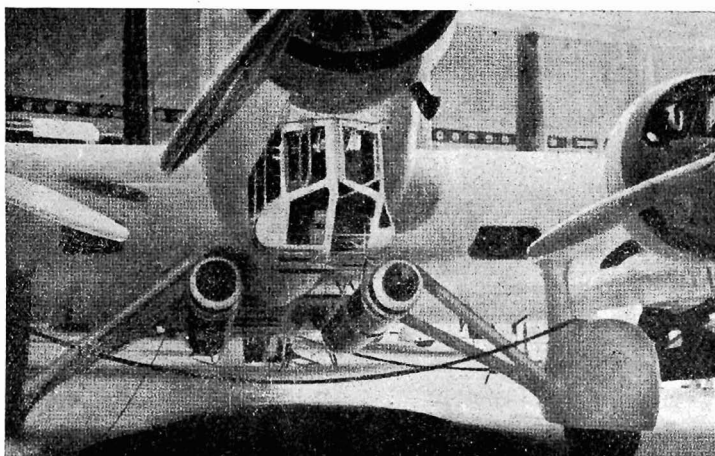



Fig. 89. — Istallazione per bombe sotto la fusoliera.

Qualche volta però, per esigenze di spazio e per particolari necessità, i proietti son sospesi verticalmente: in questo caso la bomba, in un primo tempo, viene ad avere il proprio asse perpendicolare alla direzione del moto dell'aereo e si ha quindi un capovolgimento iniziale che può influire sulla precisione del tiro.

Le elevate velocità raggiunte dai moderni apparecchi hanno imposto di affrontare seriamente il problema della sospensione orizzontale delle bombe, per quanto la soluzione non sia sempre facile, in relazione allo spazio disponibile.

Col crescere del peso e delle dimensioni dei proietti, il problema delle istallazioni diventa sempre più complesso e difficile. Esso interessa infatti il

centraggio dei velivoli, sia per quanto riguarda la disposizione iniziale delle masse, sia per quanto concerne l'equilibrio delle forze, in relazione agli sganci successivi delle bombe; interessa il campo *aerodinamico*, per le resistenze nocive che le bombe e le loro istallazioni determinano; interessa il campo *costruttivo*, perchè i vari congegni debbono essere semplici, robusti ed opportunamente studiati, in maniera che gli sforzi richiesti per eseguire lo sgancio siano ridotti al minimo e che la bomba *venga abbandonata istantaneamente* non appena si agisca sul comando di sgancio.

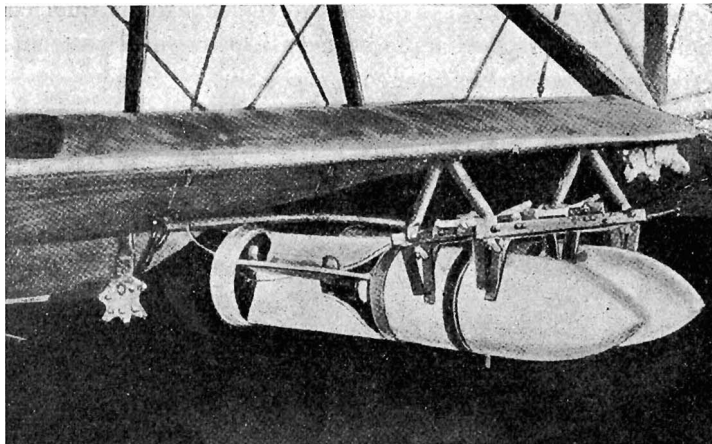



Fig. 90. — Istallazione per bombe al di sotto di un'ala.

Da queste considerazioni, risulta chiara l'opportunità di istallare le bombe in prossimità del baricentro del velivolo o, quando ciò non sia possibile per particolari esigenze, di sistemare i proiettili di caduta in maniera che i pesi risultino in posizioni simmetriche rispetto agli assi, longitudinale e trasversale, passanti per il baricentro stesso.

In quest'ultima condizione, specie quando i proietti sono numerosi e notevolmente lontani dal baricentro, è indispensabile che i sistemi di sgancio siano tali (ad ogni successiva azione sul comando) da abbandonare, alternativamente o a coppie, bombe istallate in posizioni simmetriche.

Le stesse dimensioni delle bombe, necessità costruttive, particolari esigenze di spazio sono tutti elementi che inducono spesso ad agganciare i proietti di caduta sotto la fusoliera (fig. 89) od al di sotto delle ali (fig. 90).

Istallazioni del genere apportano notevoli resistenze nocive, talchè si manifesta modernamente la tendenza di sistemare, anche le bombe di grandi dimensioni, nell'interno delle fusoliere, in appositi *compartimenti bombe;* tali compartimenti richiedono ampie sfinestrature sotto la fusoliera, a chiusura facilmente manovrabile.

Quando tale soluzione ideale non sia possibile, ci si accontenta di porre le bombe di calibro maggiore sotto la fusoliera (con l'asse orizzontale) e le bombe

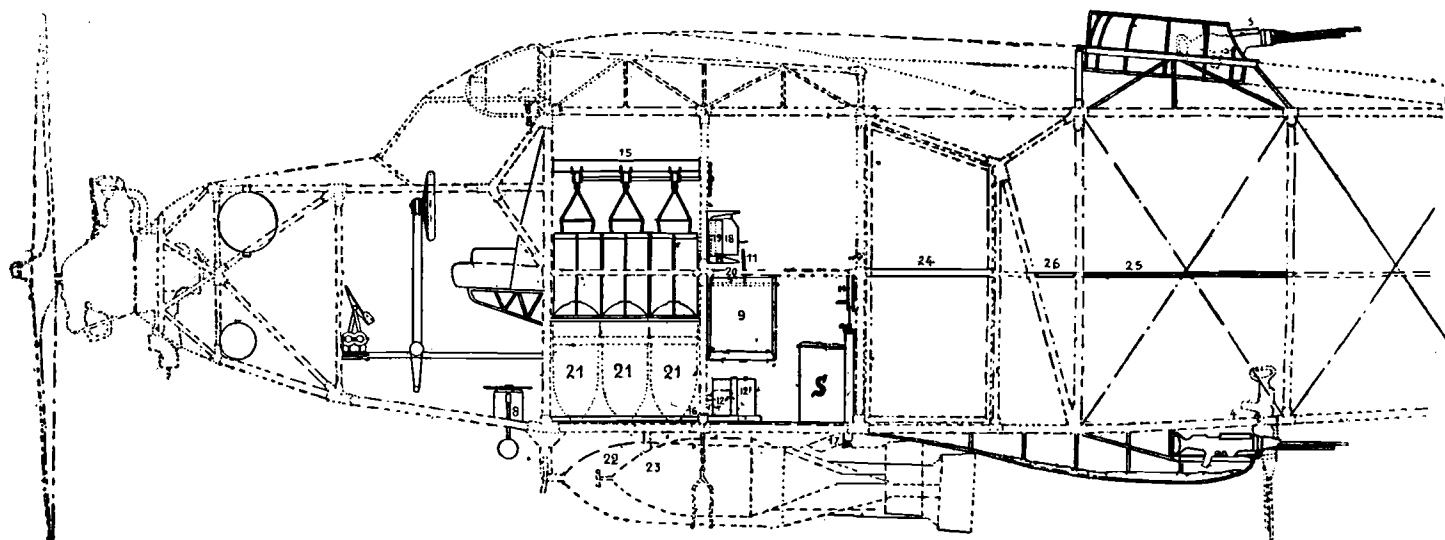



Fig. 91.

di calibro più piccolo nell'interno del velivolo, sospese verticalmente in appositi « cestelli »: la fig. 91 mostra schematicamente una sistemazione del genere. (Tale figura è anche interessante per l'armamento di lancio, giacchè in essa si vedono due sistemazioni caratteristiche per armi mobili: una in « torretta », con frangi-vento a semicupola; l'altra a « cucchiaio » nella parte inferiore della fusoliera).

Circa i requisiti generali delle istallazioni per bombe, noteremo che, oltre la robustezza, la semplicità, gli scarsi sforzi di distacco, l'istantaneità di sgancio, è indispensabile che le bombe siano sospese in modo da garantire assolutamente l'impossibilità di sgancio indipendentemente dalla volontà dell'equipaggio e che i proietti, una volta sganciati, non possano incastrarsi sia nelle parti destinate al sostegno di essi, sia in qualche elemento del velivolo.

La natura e la specie dei bersagli che, nelle varie missioni di guerra, si possono presentare all'offesa aerea inducono spesso ad impiegare proietti di tipo, di peso, di dimensioni diverse. In considerazione di ciò, i velivoli, nei riguardi delle istallazioni per bombe, debbono consentire una certa elasticità di carico: le istallazioni stesse debbono cioè permettere, per quanto possibile, la sistemazione di proietti di tipo e di dimensioni diverse.

Infine, le istallazioni destinate a proietti speciali debbono essere studiate in base agli scopi che si vogliono raggiungere ed in base ai requisiti dei proiettili stessi; ad esempio, l'istallazione per i siluri, oltre ai comuni dispositivi per le bombe di grandi dimensioni, deve essere provvista di un particolare congegno per il regolaggio della *leva di registro*, leva che, aprendo al momento del lancio la comunicazione fra il serbatoio di aria compressa e i motori, mette in azione gli organi di locomozione del siluro.

Una istallazione per bombe si compone di un *porta-bombe* e di quel complesso di organi necessari per il suo funzionamento (comandi per la manovra di sgancio, trasmissione, carrucole, circuito elettrico, accumulatori, interruttori etc.).

I *porta-bombe* possono raggrupparsi in quattro grandi categorie:

a) — *porta-bombe a comando meccanico;*

b) — *porta-bombe a comando pneumatico;*

c) — *porta-bombe a comando elettrico;*

d) — *porta-bombe a comando idraulico.*

Nei primi, lo sgancio è ottenuto mediante la manovra di una trasmissione rigida o flessibile che, determinando la rotazione di un eccentrico, libera il gancio di sospensione e permette così la caduta della bomba.

In quelli a comando pneumatico lo sgancio è prodotto dall'azione di aria compressa.

In quelli a comando elettrico, lo sgancio è invece ottenuto sfruttando l'effetto magnetico della corrente.

Negli ultimi, è la pressione esercitata in un certo istante — a mezzo di apposito congegno — su di un liquido che determina lo spostamento del gancio e la conseguente caduta della bomba.

Nei *porta-bombe elettrici, idraulici o pneumatici,* allo scopo di supplire ad un eventuale mancato funzionamento dei congegni, è previsto uno sgancio meccanico (sussidiario).

Per il lancio delle bombe il puntatore dispone di una *centralina di tiro,* che prende il nome di *centralina elettrica, centralina pneumatica* ecc., a seconda del sistema di funzionamento. L'installazione per il tiro di caduta è costituita dal complesso *centralina di tiro — ganci di sospensione.*

I requisiti principali ai quali deve rispondere una *centralina di tiro* sono i seguenti:

— sicurezza di funzionamento;

— consentire lo sgancio delle bombe *isolatamente,* a *salva* ed *in serie;*

— consentire l'inizio della *serie* da ganci diversi;

— consentire il *tiro in serie* con *intervalli* compresi fra valori ampi (in generale, l'*intervallo* deve essere compreso fra $\frac{5}{100}$ di secondo ed 1 secondo);

— una volta introdotto l'*intervallo* della *serie,* gli sganci debbono avvenire automaticamente con l'*intervallo* fissato;

— possibilità di sgancio meccanico, sia intervallato che totale, in caso di interruzione del circuito elettrico, pneumatico o idraulico;

— i *ganci di sospensione,* di funzionamento sicuro e rapido, debbono essere possibilmente provvisti di una sicurezza automatica che ne impedisca l'apertura durante il decollo o l'atterraggio.

Poichè lo scopo del presente manuale è quello di fissare i concetti essenziali, si omette la trattazione delle centraline di tiro in uso, evitando altresì di addentrarci nell'elencazione descrittiva di numerosi particolari costruttivi, dissimili, se pure sostanzialmente legati allo stesso principio, da tipo a tipo.

Si ritiene tuttavia opportuno descrivere il principio generale di funzionamento dei *porta-bombe a comando elettrico.*

Schematicamente, un gancio può considerarsi costituito (fig. 92) da un circuito, alimentato da una batteria di pile o di accumulatori (*A*), in cui è inserita una elettrocalamita (*E*) con l'àncora (*B*), nella cui estremità inferiore trova appoggio un gancio (*G*) per la sospensione della bomba. Il circuito è provvisto di un interruttore (*I*) e di un pulsante (*P*).

Il funzionamento è evidente: Una volta chiuso l'interruttore, premendo il pulsante, la corrente passa nell'avvolgimento della elettrocalamita e magnetizza il nucleo; questo, attraendo l'àncora, toglie l'appoggio al gancio che lascia cadere la bomba.

Per assicurare il perfetto funzionamento del gancio, è necessario che l'azione esercitata dal peso della bomba sull'àncora sia tale da poter essere fa-

cilmente vinta dalla forza con cui l'àncora stessa viene attratta dalla elettrocalamita. In considerazione di ciò, allo scopo di non impiegare accumulatori molto grandi, lo sforzo di sgancio viene notevolmente ridotto a mezzo di giochi di leve fra l'àncora ed il gancio.

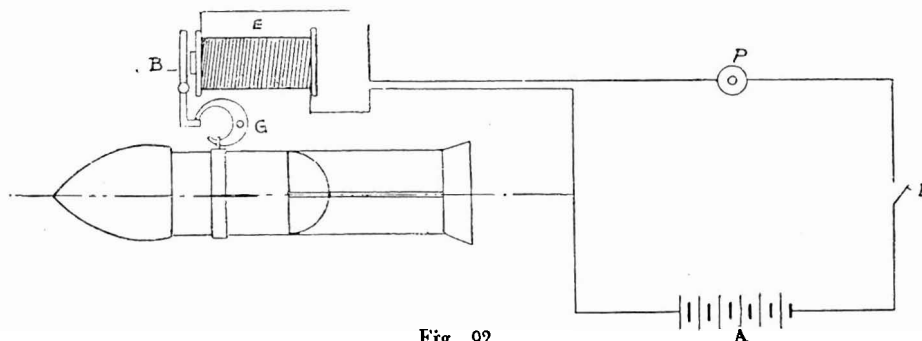



Fig. 92.

Un *porta-bombe* completo si può immaginare composto di un certo numero di questi ganci elementari.

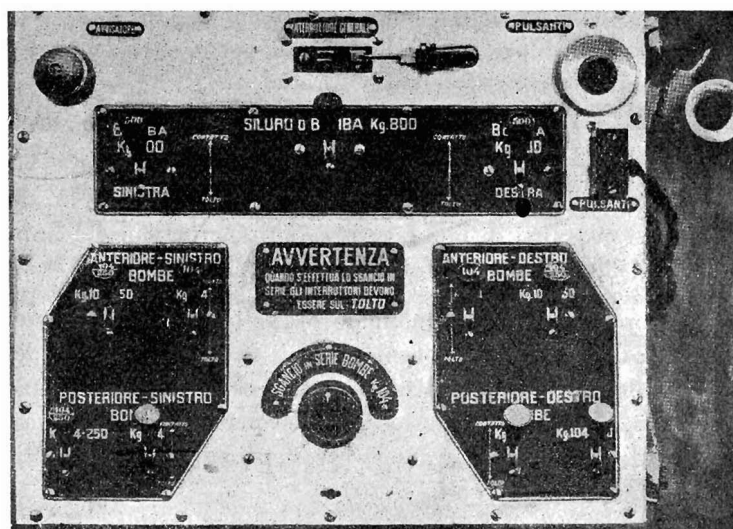



Fig. 93.

Il puntatore dispone di un quadro di comando elettrico per lo sgancio delle bombe (fig. 93).

Con l'aggiunta di speciali dispositivi, le *centraline elettriche* permettono lo sgancio dei proiettili ad intervalli di tempo determinati (sgancio in serie).

Dato il peso rilevante di alcuni tipi di proiettili attualmente impiegati dai velivoli, è divenuto complesso il problema del trasporto e del sollevamento dei proïetti stessi sino alle istallazioni per bombe.

Per quanto i proietti carichi non siano pericolosi, finchè hanno in sito i sistemi di sicurezza, è tuttavia indispensabile che il trasporto ed il sollevamento delle bombe vengano effettuati in modo idoneo e sicuro, in maniera da evitare urti indesiderabili e posizioni irrazionali, che potrebbero deformare il governale.

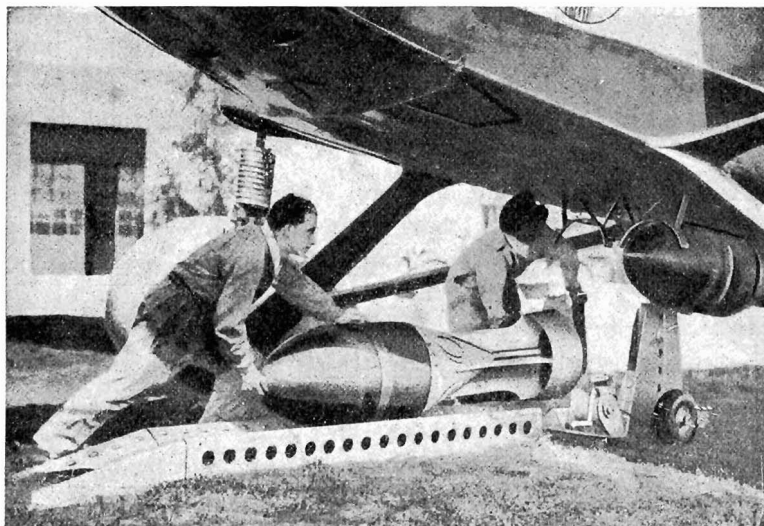



Fig. 94. — Manovra di collocamento di bombe su un velivolo.

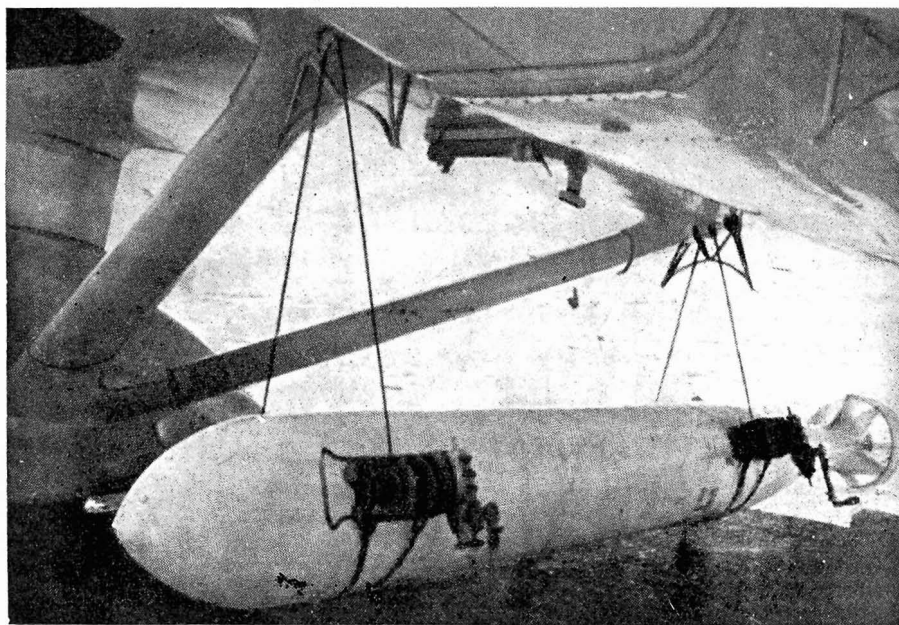



Fig. 95.

Vengono impiegati allo scopo (fig. 94) appositi *elevatori*, muniti di ruote per il trasporto e di verricelli per il sollevamento dei proietti.

Una *guida supporto bombe*, costituita da due o più elementi, permette l'introduzione della bomba nell'*elevatore* e consente, eventualmente, per piccoli tratti, il trasporto rapido dei proietti da un punto all'altro del campo.

Per il sollevamento rispondono anche bene allo scopo alcuni arganelli provvisti di cavo, i quali si applicano direttamente alla bomba e permettono di portarla fino all'altezza dei ganci. Per le bombe di maggiori dimensioni e per i siluri risulta conveniente e comodo l'impiego di due arganelli (fig. 95), applicati rispettivamente verso la parte ogivale e verso il fondello.

ERRORI DI TIRO

Ogni errore nel tiro consiste generalmente in uno *scarto in direzione* ed in uno *scarto in gittata.*

In una successione di tiri effettuati con lo stesso velivolo, sul medesimo bersaglio e con proietti di identico tipo, le condizioni atmosferiche, la quota, la direzione, la velocità dell'aeromobile, nonchè le manovre dell'equipaggio, lo sgancio, la dispersione dei proietti, influiscono diversamente su ciascun tiro, determinando differenti errori, in seguito ai quali i punti di arrivo dei vari proietti si trovano distribuiti sopra una zona, situata intorno al bersaglio.

Prescindendo, per il momento, da quelle complesse cause di errore, delle quali manca al puntatore qualsiasi pratico elemento di valutazione, possiamo ora esaminare le cause degli scarti in direzione ed in gittata, dipendenti da elementi controllabili dall'esecutore del tiro.

Gli *scarti in direzione* possono dipendere:

a) — da un errore di rotta;

b) — dal piano di mira non verticale.

A) — Un *errore di rotta* (errore di puntamento in direzione; errore di deriva, nel caso di tiro in deriva) determina uno scarto in direzione, proporzionale, in prima approssimazione, alla velocità dell'aereo ed alla radice quadrata della quota (1).

B) — Se il piano di mira, nell'istante di sgancio, è inclinato rispetto alla verticale, si ha uno scarto in direzione che è proporzionale alla quota ed è

(1) La seguente tabella dà, calcolati nel vuoto, gli scarti in direzione dovuti ad un errore di rotta di 1°, per velocità di 180 e 360 Km/ora e per quote di 1500, 3000 e 5000 metri.

QUOTA	Velocità Km/ora	
	180	360
1500	scarto m. 15	scarto m. 30
3000	» » 21	» » 43
5000	» » 28	» » 56

indipendente dalla velocità dell'aeromobile. Per l'inclinazione di 1°, si ha uno scarto in direzione di m. 26 da 1500 metri di quota; di metri 52 da 3000 metri e di metri 87 da 5000 m.

Gli *scarti in gittata possono dipendere*:

a) - da errori di collimazione, di cronometraggio e di sgancio;

b) - da errori di apprezzamento della quota;

c) - da errori di apprezzamento della velocità o da variazioni della velocità all'istante dello sgancio.

A) — Per gli errori relativi al puntamento, considerando un puntatore bene addestrato ed ammettendo che questi abbia la desiderabile rapidità di percezione e di azione, si può ritenere che gli scarti raggiungano al massimo i 30 m.

B) — L'errore di apprezzamento della quota determina uno scarto in gittata, proporzionale alla velocità ed alla radice quadrata della quota (1).

C) — Gli errori relativi alla velocità dànno degli scarti ancora maggiori di quelli prodotti dagli errori di quota. Essi possono dipendere o da errato impiego degli strumenti che servono a determinare la velocità o dalla manovra del pilota (azione sull'incidenza o sul règime del motore) oppure da variazioni del vento.

Abbiamo però trascurato tutti quegli errori indipendenti dal traguardo di puntamento e dall'equipaggio, errori che, se pure per lieve entità, influiscono anch'essi sui risultati di tiro.

Essi sono di natura varia, come ad esempio:

a) — direzione e velocità del vento diverse, nei vari strati dell'atmosfera attraversati dal proietto;

b) — variazione della densità dell'aria con la quota (gli angoli di ritardazione variano in relazione alla quota del bersaglio);

c) — effetto del *tempo morto* (intendendo per *tempo morto* l'inter-

---

(1) Nell'ipotesi di un errore del 5 % nella quota, gli scarti in gittata, per velocità di 180 e 360 Km/ora e quote di 1500, 3000 e 5000 m., variano come nella seguente tabella:

QUOTA	Velocità Km/ora	
	180	360
1500	scarto m. 21,8	scarto m. 43,6
3000	» » 30.8	» » 61,6
5000	» » 40,3	» » 80,6

vallo che passa fra l'istante in cui il puntatore decide di effettuare lo sgancio della bomba e l'istante in cui questa viene effettivamente sganciata); (1)

d) — posizione del proietto (2) ed agganciamento di esso al *portabombe;*

e) — lievi differenze di peso, di forma e di impennaggio, fra proietti di ugual tipo.

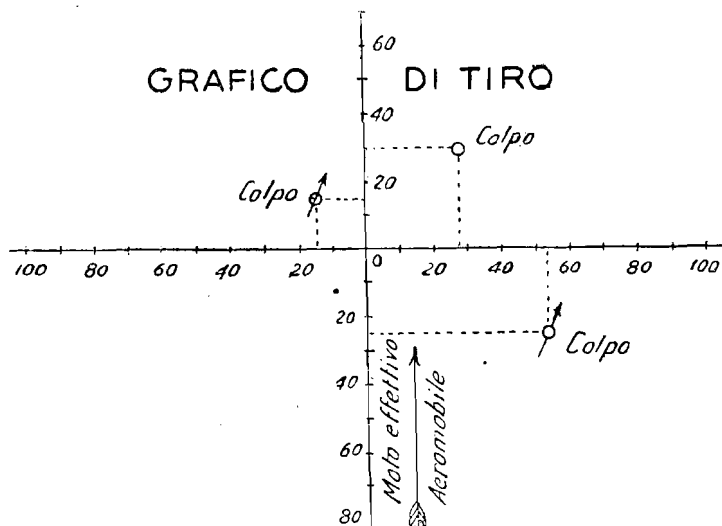



Fig. 96.

Da quanto si è precedentemente visto appare evidente — pur ammettendo che alcuni errori possano compensarsi fra loro — che gli scarti in direzione ed in gittata possono assumere ampiezze considerevoli. Ne scaturisce la necessità, per gli equipaggi, di conoscere perfettamente il funzionamento dei vari congegni di puntamento e di conseguire quel grado di perfetto addestramento che, portando a ridurre al minimo ed, in qualche caso, addirittura ad eliminare le cause di errore, è fattore indispensabile per condurre brillantemente a termine una missione di guerra.

Nel corso delle esercitazioni di tiro di caduta, la posizione dei vari colpi, rispetto al centro del bersaglio, è riportata in appositi grafici, (fig. 96) nei quali il centro del bersaglio è rappresentato dal punto d'intersezione di due assi ortogonali: l'asse delle ordinate è parallelo alla direzione del moto effettivo del velivolo e porta la scala per la misura degli scarti in gittata; l'asse delle ascisse porta la scala per la misura degli scarti in direzione.

Il punto di caduta dei proietti viene localizazto sul grafico con dei circoletti. Nel caso di tiro in deriva, la direzione dell'asse dell'aeromobile al momento dello sgancio viene indicata con delle frecce poste nei circoletti.

(1) Al *tempo morto* si attribuisce normalmente la durata di 0,2 sec.

(2) Parlando delle istallazioni per bombe, si è già detto come non sia consigliabile, nei limiti del possibile, adoperare porta bombe verticali.

In pratica, si chiama *colpo lungo* quello che va oltre il bersaglio per effetto di una gittata eccessiva; *colpo corto* quello che cade prima del bersaglio, ossia con gittata insufficiente; *colpo a destra* e *colpo a sinistra* quelli scartati alla destra ed alla sinistra del bersaglio, rispetto all'asse delle ordinate.

Nel corso delle esercitazioni di tiro, la posizione dei vari colpi, rispetto al centro del bersaglio, può essere rilevata o con la fotografia (in volo) oppure da osservatori a terra. In quest'ultimo caso, è necessario che gli osservatori siano almeno due, collocati, possibilmente, in posizioni tali da formare fra loro un angolo di 90°, rispetto al centro del bersaglio.

ROSE DI TIRO

Parlando delle armi da fuoco, abbiamo visto che la *rosa di tiro* ha un aspetto geometrico e matematico ben definito. Infatti, la teoria del tiro di lancio ammette che esista una determinata legge di dispersione dei colpi, e la pratica, attraverso una serie di numerose esperienze, conferma chiaramente l'esistenza di tale legge. L'analisi della *rosa di tiro* conduce alla determinazione delle *strisce dei percento,* all'applicazione del calcolo delle probabilità, al calcolo delle deviazioni medie probabili.

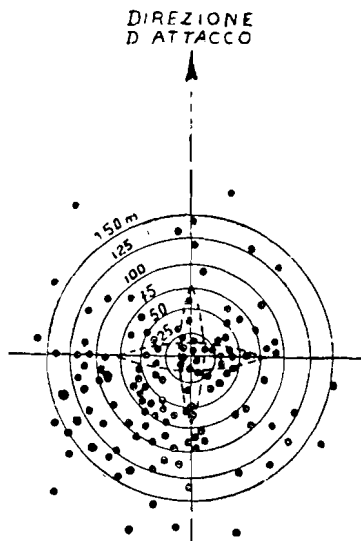



Fig. 97.

Senza addentrarci nell'esame dei vari elementi che differenziano la traiettoria di lancio dalla traiettoria di caduta, possiamo tuttavia affermare che nel campo del tiro di caduta non si verifica mai il caso di traiettorie partenti tutte dalla medesima origine, come, del resto, non è costante la

linea teorica di proiezione. E poichè questi elementi costituiscono la base da cui si è partiti per dimostrare la legge di dispersione, tale legge non sembra applicabile nel tiro di caduta.

In questo genere di tiro, si suole chiamare *rosa di tiro* (fig. 97) l'insieme dei punti di caduta relativi a bombe di ugual tipo, sganciate dalla stessa quota, dallo stesso tipo di velivolo, in esperienze successive, cercando, per quanto possibile, di mantenere inalterati gli elementi base del puntamento.

Se nel tiro di caduta non è possibile applicare la legge di dispersione, valevole nel tiro di lancio, e trarre da essa le conclusioni relative alle probabilità di colpire un dato bersaglio, le *rose di tiro di caduta,* intese come precedentemente detto, costituiscono, pur sempre, un dato sperimentale di indubbia utilità pratica, tanto più notevole quanto maggiore sarà stato il numero delle esperienze e quanto meno variabili saranno stati i fattori di tiro (1).

---

(1) Sono stati fatti in questi ultimi anni interessanti studi per ricercare un fondamento teorico nel calcolo di probabilità per il tiro di caduta.

TIRO IN SERIE E TIRO IN FORMAZIONE

Il continuo aumento delle velocità degli aerei, il crescere delle quote di tiro, il complesso dei vari errori che possono intervenire nel puntamento, gli stessi concetti dell'impiego a massa sono tutti elementi che inducono a considerare, anzichè l'offesa ad un bersaglio elementare, l'offesa portata a tutta una *zona-bersaglio*, di dimensioni più o meno vaste, a seconda delle varie circostanze.

Gli errori di tiro in gittata vanno diminuendo di entità col perfezionarsi dei traguardi di puntamento, dei metodi di tiro e dell'addestramento degli equipaggi. Tuttavia, gli effetti di tali errori possono venire in parte compensati eseguendo il *tiro in serie*, che consiste nello sganciare un certo numero di proiettili successivamente, con determinato intervallo.

Questo genere di tiro consente anche di colpire in numerosi punti un bersaglio esteso (1).

La fig. 98 indica come, sganciando sei proiettili in serie, ad uguali intervalli t di tempo, in identiche condizioni di quota e di velocità, le varie traiettorie risultino parallele ed i colpi risultino ugualmente distanziati tra loro dello spazio s.

Appositi congegni automatici determinano, di solito, la caduta delle bombe con l'intervallo di tempo voluto tra uno sgancio ed il successivo. Il puntatore deve quindi calcolare tale intervallo t, a seconda della distanza s desiderata e della velocità effettiva V dell'aereo (il tempo t è indipendente dalla quota).

L'intervallo t si ha dividendo s, espresso in metri, per V, espresso in minuti secondi, e cioè:

$$t = \frac{s}{V}$$

La distanza L, comprendente i colpi della serie, è pure calcolabile facilmente. Essa è uguale alla distanza s moltiplicata per il numero $(n - 1)$ dove n indica il numero dei proiettili della serie:

$$L = s\ (n - 1).$$

(1) Il *tiro in serie* è il più conveniente anche nello speciale tiro di caduta contro una formazione di velivoli nemici naviganti a quota più bassa.

Se con T si indica il tempo compreso tra il primo e l'ultimo sgancio della serie, si ha:

$$T = t\,(n - 1).$$

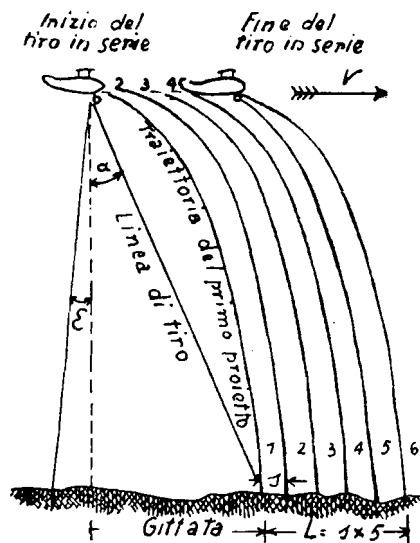



Fig. 98.

La figura 99 rappresenta una rosa schematica di tiro compiuto da velivoli effettuanti ciascuno una serie di cinque colpi.

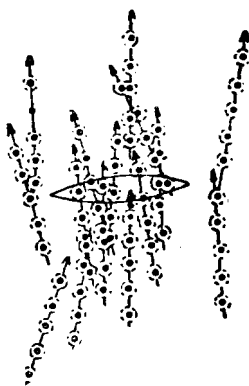



Fig. 99.

L'impiego a massa dei velivoli, la necessità di mantenere sempre la formazione, la possibilità di utilizzare le formazioni stesse per compensare gli eventuali errori di tiro in direzione, hanno portato ad effettuare il tiro di caduta da velivoli riuniti in formazione.

In tal caso, il puntamento in direzione viene fatto solamente dal capo della formazione, mentre i gregari eseguono il solo puntamento in gittata: i gregari, qualche volta, effettuano lo sgancio per imitazione oppure a comando del capo della formazione stessa.

Contemporaneamente al tiro in formazione, ogni velivolo può effettuare anche il tiro in serie: così viene a risultare una completa ripartizione di proiettili nella *zona-bersaglio.*

La superficie balisticamente interessata dal complesso dei colpi si chiama *superficie di distruzione.*

I dati dimensionali della *superficie di distruzione* sono funzione:

— dell'ampiezza della formazione (fronte);

— della *serie* adottata (profondità);

— delle caratteristiche balistiche delle bombe (raggio di esplosione).

Il tipo e la composizione dell'intera formazione, cioè il numero e la disposizione delle pattuglie elementari che la compongono, debbono essere studiati in base alle dimensioni, alla forma ed al tipo di bersaglio da battere, alla zona di efficacia, al numero ed al tipo dei proiettili impiegati nonchè alle particolari esigenze tattiche.

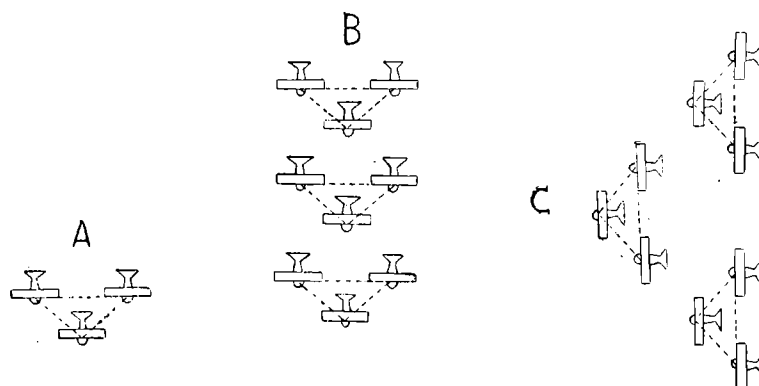



Fig. 100.

Gli spazi (1) fra gli elementi della formazione verranno fissati, di volta in volta, in base alle necessità di impiego e tenendo presente che la formazione stessa, pur restando in pugno al Comandante, deve conservare il requi-

(1) Gli spazi fra gli elementi di una formazione prendono il nome di *gradino, distanza, intervallo.*

Il *gradino* è lo scalamento in quota.

La *distanza* è lo spazio che intercede fra i singoli elementi, proiettato sull'asse di volo della formazione.

L'*intervallo* è lo spazio che intercede fra i singoli elementi, ortogonalmente all'asse di volo.

sito essenziale della libertà e prontezza di manovra, ai fini dell'azione e della difesa.

La figura 100 mostra:

A) — Pattuglia a cuneo.

B) — Squadriglia in colonna.

C) — Squadriglia a triangolo di pattuglie.

Le formazioni superiori derivano da formazioni più semplici, tenendo presente che la pattuglia è l'unità base addestrativa e tattica.

* * *

Anche per colpire una nave in moto si può determinare una *superficie di distruzione,* capace di contenere l'unità navale, qualunque sia la manovra da questa seguita per sfuggire al tiro aereo.

Indicando con T il tempo di caduta delle bombe impiegate e con V_n la velocità della nave, si possono presentare quattro casi limite:

1°) - La nave non esegue alcuna evoluzione, mantenendo immutate rotta e velocità. Dopo il tempo T avrà percorso dalla posizione iniziale uno spazio $V_n\ T$.

2°) - La nave, mantenendo immutata la rotta, riduce moltissimo la velocità. Data la rilevante massa della nave e la brevità del tempo T, lo spazio percorso potrà differire di poco da $V_n\ T$ (circa $\frac{1}{5}$ in meno) .

3°) - La nave accosta a destra alla massima velocità (supposta V_n). Essa, seguendo la curva di raggio di evoluzione R, percorre nel tempo T un arco di cerchio, il cui angolo al centro è dato dalla formula:

$$\alpha = \frac{180\, T\, V_n}{\pi\, R} .$$

Rispetto alla primitiva direttrice di marcia, la nave, nel tempo T, potrà aver subito uno spostamento massimo verso destra, dato da:

$$R\ (1 - \cos\ \alpha\ ).$$

4°) - La nave accosta a sinistra alla stessa velocità massima. La nave, nel tempo T, potrà aver subito uno spostamento massimo verso sinistra dato da:

$$R\ (1 - \cos\ \alpha).$$

I casi 1 e 2, per quanto poco probabili, sono sempre possibili. Con maggior frequenza si presenteranno i casi 3 e 4.

La *superficie di distruzione* potrà essere determinata in un rettangolo il cui lato maggiore $N\ H$ si potrà ritenere uguale o di poco superiore a

$2R(1 - \cos \alpha)$. Il lato minore $N\ M$ potrà essere calcolato in base al massimo ed al minimo spostamento della nave durante il tempo T (caso 1° e 2°).

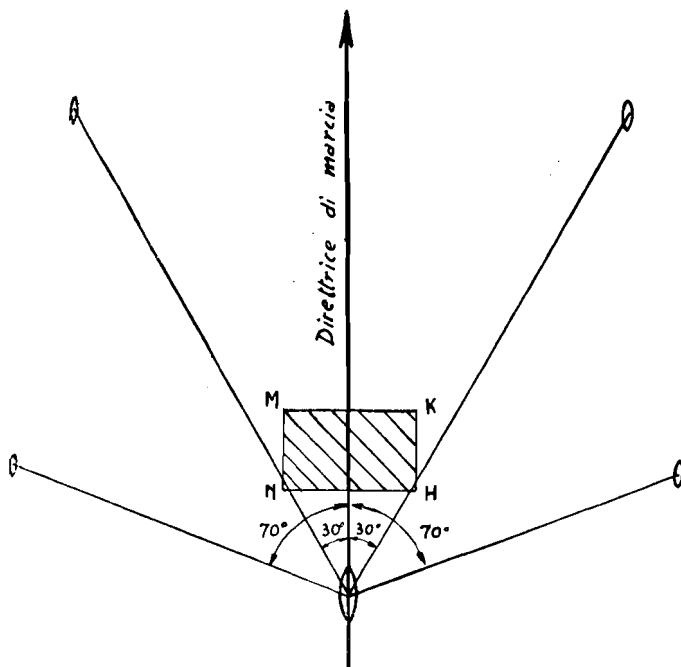



Fig. 101.

La figura 101 rappresenta la *superficie di distruzione* $N\ M\ K\ H$, determinata per l'attacco contro una grossa unità navale, in navigazione con unità minori di scorta. La formazione dei velivoli dovrà coprire la fronte della *superficie di distruzione*; il lancio in *serie* dovrà coprire la profondità.

ESERCITAZIONI DI TIRO

L'addestramento al tiro di caduta comporta *l'addestramento individuale* e *l'addestramento collettivo.*

L'*addestramento individuale* viene svolto in tempi successivi, con:

— *istallazioni a terra,* che riproducono, con approssimazione, le condizioni effettive del tiro (*allenatore tipo San Giorgio* e simili);

— *strumenti speciali,* che permettono di controllare il comportamento del velivolo, soprattutto in direzione (*catabalìgrafo* e simili);

— *tiri su poligoni;*

— *tiri contro bersagli in moto.*

Allenatore San Giorgio — L'*allenatore San Giorgio* (1) è un complesso meccanico istallato a terra, nel quale il puntatore impiega, per esercitarsi, lo stesso *traguardo* usato sui velivoli. A mezzo di collegamenti meccanico-elettrici, si riproducono, per quanto possibile, le condizioni effettive del tiro, e si possono controllare le operazioni di puntamento.

L'istruzione con l'*allenatore* non forma il puntatore. Vale, però, a *materializzare le nozioni teoriche* e ad avvicinare, praticamente, i novizi alla conoscenza ed alla valutazione degli *elementi del tiro.*

Catabalìgrafo — Il *catabalìgrafo* serve per controllare graficamente il *tiro di caduta,* utilizzando il sistema della *camera oscura.*

Lo strumento — che ha la forma di un casottino montato su ruote — porta, al centro, un tavolino e, nel tetto, un'apposita apertura, sulla quale può essere applicato uno degli obiettivi di cui è dotato lo strumento.

Nell'interno della camera oscura è applicato un *metrònomo,* (apparecchio che nella pratica musicale serve a battere il tempo) che chiude ad in-

---

(1) Dato lo scopo del presente manuale, — e, soprattutto, per ragioni di spazio — non ci è consentito descrivere dettagliatamente nè l'*allenatore S. Giorgio,* nè il *catabalìgrafo.* D'altra parte, una descrizione del genere, per riuscire in qualche modo utile, dovrebbe scendere ai particolari e dovrebbe essere illustrata con molte figure, pur non raggiungendo mai lo scopo che si può, invece, facilmente ottenere con la visione diretta degli strumenti e con l'ausilio di apposite « Istruzioni ». Ci limiteremo, pertanto, a fornire qualche idea sommaria, per mostrare ciò che tali apparecchi possono dare nei riguardi dell'*addestramento.*

termittenza voluta e regolare un circuito elettrico, il quale può, a sua volta, comandare o l'otturatore dell'obiettivo o gli scatti di una speciale matita.

Il *catabalìgrafo* può rappresentare esso stesso il bersaglio — sul quale i velivoli eseguono il tiro in bianco — oppure può essere sistemato a distanza nota da un bersaglio qualsiasi.

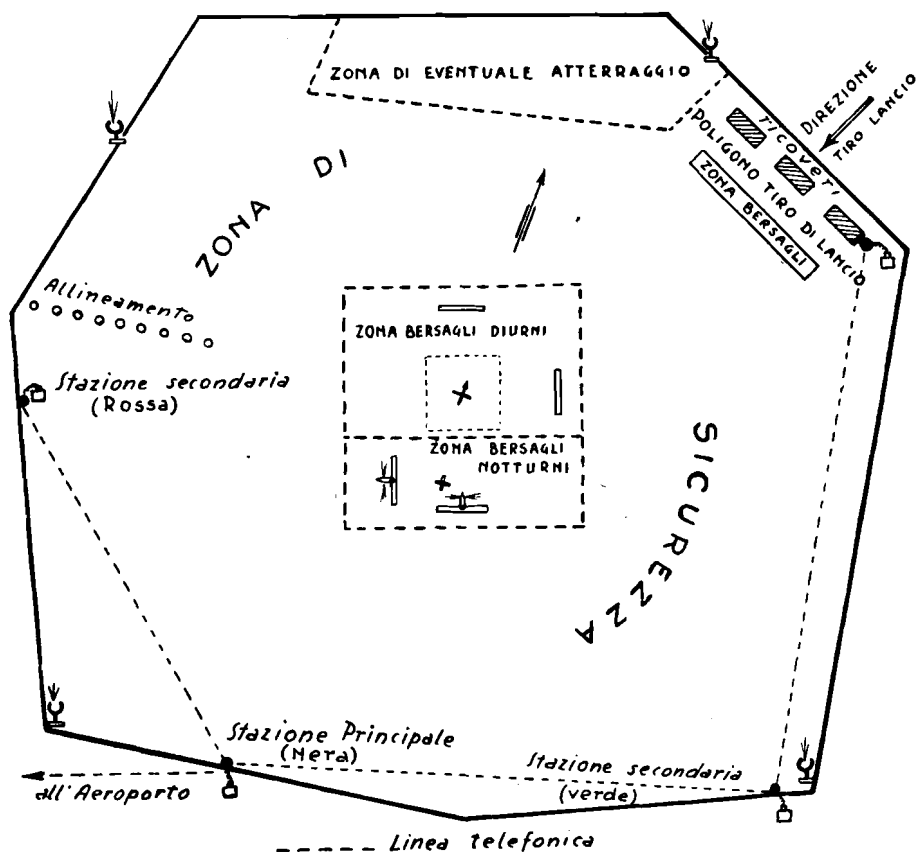



Fig. 102.

Posto un foglio di carta, con speciale tracciato, sul tavolo contenuto nella *camera*, si segue su di esso, con la matita elettrica, l'immagine del velivolo data dall'obiettivo, tenendo la matita in modo da far segnare una traccia, sulla quale, ad ogni chiusura di circuito, si distingua un piccolo punto netto.

Ciò permette il controllo della rotta di avvicinamento del velivolo al bersaglio.

Accoppiando il *catabalìgrafo* ad una stazione radio e segnalando con la radio di bordo *l'istante di sgancio*, è possibile ricavare elementi sull'altezza anche del *puntamento in gittata*.

L'addestramento al *catabaligrafo* comporta l'azione dell'equipaggio nel suo complesso.

Tiri al poligono — I tiri negli appositi *poligoni* servono a creare negli equipaggi l'indispensabile capacità di puntamento.

Un *poligono di tiro* (fig. 102) è generalmente costituito da:

— una *zona bersagli,* centrale, di circa m. 1000 × 1000;

— una *zona di sicurezza,* formata da una fascia di circa 1000-1500 m. intorno alla *zona bersagli.*

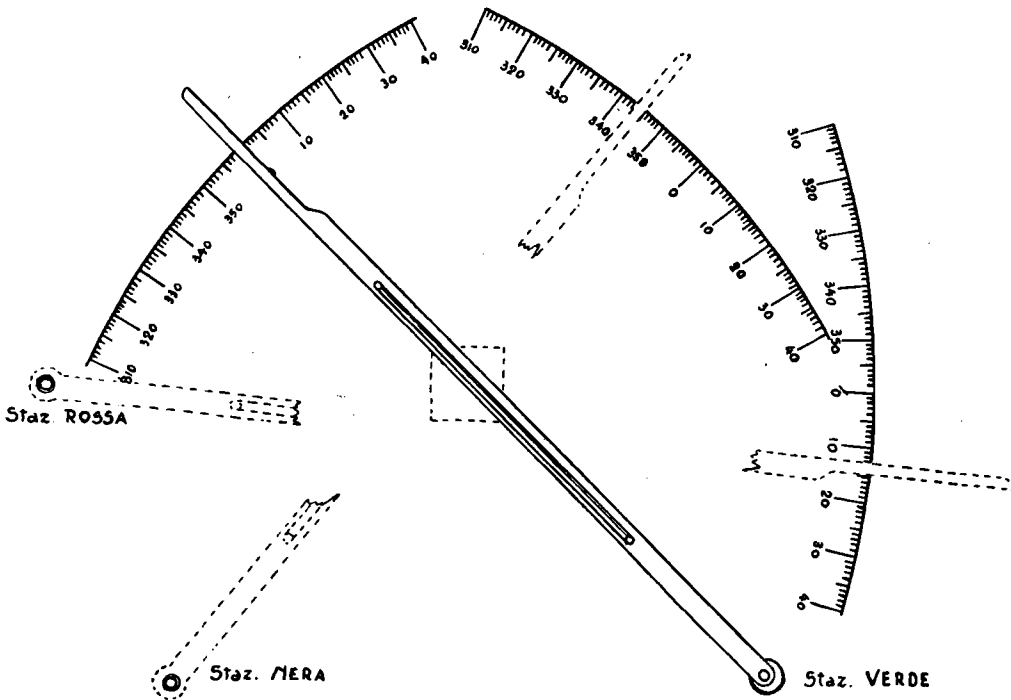



Fig. 103.

Al difuori del poligono vero e proprio vi è una *zona di rispetto,* formata da una fascia di circa 1000-1500 m. intorno alla *zona di sicurezza.*

La *zona bersagli* comprende i bersagli per il tiro diurno e notturno.

Il bersaglio per il *tiro singolo* consiste in una croce, orientata secondo i punti cardinali, con i bracci di m. 30 × 3. All'incrocio dei bracci è eretto un palo indicatore, di altezza opportuna, dipinto a strisce bianche e rosse, e ben visibile dagli osservatori. Per permettere la correzione e il controllo della deriva nelle prime esercitazioni, vi è, al margine del poligono, un *allineamento* costituito da cerchi del diametro di m. 3, in direzione di uno dei bracci della croce.

I bersagli per il *tiro in serie* sono costituiti da due strisce di m. 250 × 20, orientate fra loro a 90°, nelle due direzioni principali di attacco. Al centro di ogni striscia vi sarà un palo indicatore dipinto a fasce di colori diversi.

Il bersaglio per il *tiro di formazioni* è costituito da un quadrato di m. 300 × 300, con i lati di m. 2 ed orientato secondo le due principali direzioni di attacco.

I bersagli per il tiro notturno sono simili a quelli per il tiro diurno. Spesso hanno dimensioni leggermente più grandi dei precedenti. Al centro della croce e delle strisce (i cui bracci sono sensibilmente inclinati verso il centro per favorire l'illuminazione) vi è, in torretta di cemento, una sorgente luminosa che irradia la luce attraverso apposite feritoie a mezzo di riflettori.

Se possibile, ai margini del poligono e nella posizione più idonea, sono costruiti vari ricoveri e collocati i bersagli per il *tiro di lancio*. Se le condizioni della zona lo permettono, si adatterà un tratto del poligono per eventuale atterraggio di fortuna.

Speciali segnali luminosi ad intermittenza delimiteranno alla periferia la *zona di sicurezza*.

Le varie *stazioni di rilevamento*, contraddistinte da colori diversi, sono sistemate in cabine blindate ed in punti elevati, da cui è possibile scorgere l'intera *zona bersagli*. Esse sono collegate telefonicamente con la *stazione principale* ed, eventualmente, con l'Aeroporto vicino.

Per il rilevamento del *tiro singolo* bastano due stazioni. Per il *tiro in serie* e per il *tiro di formazioni* ne occorrono tre. Il rilevamento dei colpi viene fatto con impianti goniometrici.

Ogni stazione determina, per ciascun colpo o per ciascun tiro, una direzione di rilevamento.

La *centrale di raccolta rilevamenti* è sistemata nell'Aeroporto o è accoppiata alla *stazione principale*. La *centrale di raccolta rilevamenti* è provvista di un *tavolo restitutore* (fig. 103), che porta riprodotto in scala il poligono. Le stazioni sono rappresentate dai perni sui quali possono ruotare speciali righe (una per ogni stazione): in corrispondenza di ogni riga vi sono le graduazioni che permettono di tracciare i rilevamenti ricevuti telefonicamente. Il colpo sarà indicato dal punto d'incontro dei tre rilevamenti.

Dal grafico del *tavolo restitutore* si ricavano i *grafici di tiro* (fig. 104) necessari per la documentazione e per la discussione dei tiri eseguiti.

Nel corso dell'addestramento, le difficoltà dovranno essere graduali e si dovrà tendere ai tiri dalle massime quote; il *tiro in serie* dovrà essere particolarmente curato, perchè rappresenta la forma che troverà più larga applicazione nell'*azione reale*; si dovrà tener presente che il vento è, in ogni caso, il principale *elemento determinante delle difficoltà del tiro* e che, come tale, deve essere considerato e valutato.

.... (timbro del reparto)

GRAFICO DI TIRO (1) ....

ALLEGATO N. ....

LEGGENDA	DATA	POLIGONO	QUOTA	BERSAGLIO (2) fisso - mobile - sagoma dimensioni		TRAGUARDO	PROIETTO
● da 1000 a 2000							
● da 2000 a 3000							
● da 3000 a 4000							
○ da 4000 a 5000							

Data di compilazione del grafico il ....

(Timbro)

IL COMANDANTE

(1) Diurno o notturno. - (2) Indicare se fisso o mobile, dimensioni, sagoma. - I colpi devono essere riportati sul grafico secondo un'unica direttrice di attacco (indicata dalla freccia) e segnati da un punto con trattino indicante quest'ultimo la direzione e il senso del vento, rispetto alla direttrice di attacco predetta. I numeri segnati sulle coordinate indicano in metri l'entità degli scarti in direzione e in gittata.

Fig. 104.

Tiri contro bersaglio in moto. — Contro un bersaglio che può evoluire, il tiro individuale ha minime probabilità di riuscita. Tuttavia, è opportuno addestrare l'equipaggio a tale forma di tiro, affinchè possa valutarne con approssimazione i complessi elementi.

L'*addestramento collettivo* ha importanza basilare, poichè l'*azione di bombardamento,* salvo casi specialissimi, è sempre *azione collettiva.*

L'esecuzione del *tiro collettivo presuppone* la completa capacità al *tiro individuale.*